Série U
N° d'ordre :
82

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ
DE STRASBOURG

PAR

ALEXANDRE GIAJA

1re THÈSE. — Contribution à l'étude de la thermorégulation des oiseaux

2e THÈSE. — Proposition donnée par la Faculté.

Soutenues le 17 Mars 1931 devant la Commission d'examen

MM. TERROINE..... *Président*
CHATTON..... *Examinateurs*
BONNET.....

Gaston DOIN & Cie
Éditeurs à Paris

1931

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548008_0070

Série U
N° d'ordre :
82

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ
DE STRASBOURG

PAR

ALEXANDRE GIAJA

1re THÈSE. — Contribution à l'étude de la thermorégulation des oiseaux

2e THÈSE. — Proposition donnée par la Faculté.

Soutenues le Mars 1931 devant la Commission d'examen

07 AVRIL 1931

MM. TERROINE..... *Président*
CHATTON..... } *Examinateurs*
BONNET..... }

Gaston DOIN & Cie
Éditeurs à Paris

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen . . . . . E. ROTHÉ, Professeur de Physique du Globe
Doyens honoraires . . . . . E. BATAILLON - P. Th. MULLER
Professeurs honoraires . . . . H. VILLAT - GIGNOUX - FRÉCHET

Professeurs	G. VALIRON	Analyse supérieure
	P. WEISS	Physique Générale
	H. OLLIVIER	Physique Générale
	L. HACKSPILL	Chimie minérale
	E. TOPSENT	Zoologie et anatomie comparée
	C. HOUARD	Botanique
	E. TERROINE	Physiologie générale
	J. de LAPPARENT	Pétrographie
	E. CHATTON	Biologie générale
	R. THIRY	Mécanique
	G. CERF	Calcul différentiel et intégral
	G. DUBOIS	Géologie et Paléontologie
	G. RIBAUD	Physique expérimentale
	P. FLAMANT	Mathématiques générales
	E. CORNEC	Chimie générale
	P. de BEAUCHAMP	Biologie générale
	L. BOUNOURE	Zoologie
	G. FOEX	Physique générale
	H. CHERMEZON	Botanique
	G. REMPP	Physique du Globe
	R. ROMANN	Chimie Physique et Electrochimie
	N.	Chimie organique
	N.	Astronomie
Chargés de cours et Maîtres de Conférences	N.	Minéralogie
	J. LAGARDE	Botanique
	Ch. STAEHLING	Chimie appliquée
	J. LACOSTE	Physique du Globe
	G. HUGEL	Chimie du Pétrole
	H. WEISS	Physico-chimie du Pétrole
	H. MILLOUX	Mathématiques
	A. ROUSSEL	Mathématiques générales
	P. SOLEILLET	Physique mathématique
	M, FAILLEBIN	Chimie appliquée
	R. BONNET	Physique et Chimie biologiques
	G. MIGNONAC	Chimie organique

Secrétaire G. CUVIER

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA THERMORÉGULATION DES OISEAUX

SOMMAIRE

INTRODUCTION

PREMIÈRE PARTIE

Influence de la température du milieu sur les échanges respiratoires.

1) **Technique expérimentale.**

a) Description de la chambre respiratoire.
b) Détermination de la capacité de la chambre respiratoire.
c) Précision de la mesure de la quantité d'air contenu dans la chambre respiratoire.
d) Analyse des gaz.

2) **Influence des températures inférieures à la neutralité thermique.**

a) Expériences sur l'oie.
b) Expériences sur le dindon,
c) Expériences sur le coq.

3) **Le métabolisme de base.**

a) Expériences sur l'oie.
b) Expériences sur le dindon.
c) Expériences sur le coq.

4) **Le métabolisme de sommet et le quotient métabolique.**

a) Expériences sur l'oie.
b) Expériences sur le dindon.
c) Expériences sur le coq.

5) **Le métabolisme aux températures supérieures à la neutralité thermique.**

a) Expériences sur le dindon.
b) Expériences sur l'oie.
c) Expériences sur le coq.

DEUXIÈME PARTIE

La consommation alimentaire et la température ambiante.

TROISIÈME PARTIE

Les oiseaux plumés.

1) **Influence de la température du milieu sur les échanges respiratoires.**

a) Les échanges de l'oiseau plumé à la température de sa neutralité thermique normale et aux températures plus élevées.

b) Les échanges aux basses températures de l'oiseau plumé.

2) **Influence de la température du milieu sur la consommation alimentaire des oiseaux plumés.**

QUATRIÈME PARTIE

Le pouvoir protecteur calorique du plumage.

1) **Méthode employée.**

2) **Le pouvoir protecteur du plumage dans une atmosphère calme.**

3) **Influence des courants d'air sur le pouvoir protecteur du plumage.**

Conclusions

Bibliographie

INTRODUCTION

Pour pouvoir déterminer une alimentation rationnelle de l'homme aussi bien que des animaux domestiques, il faut avant tout connaître le besoin énergétique global de l'espèce étudiée, dans des conditions déterminées d'existence. Parmi ces conditions, la température du milieu est un des facteurs auxquels on attribue généralement une influence prépondérante sur la valeur des besoins énergétiques de l'homéotherme. Ce facteur est d'une importance primordiale, d'autant plus qu'il est essentiellement variable, notamment dans les pays à climat continental, telle la Yougoslavie, où les différences extrêmes de la température annuelle atteignent souvent, dans certaines régions, cinquante degrés, et au delà.

Les besoins alimentaires étant fonction de la dépense énergétique, il est aisé de reconnaître toute l'importance que peut avoir, pour la question de l'alimentation rationnelle, la connaissance de l'influence de la température du milieu ambiant sur la valeur de cette dépense.

Ayant été frappé par le manque de données précises concernant l'influence de la température du milieu sur les besoins énergétiques des oiseaux en général et des oiseaux de basse-cour en particulier, nous avons entrepris la présente étude dans l'espoir d'apporter quelques contributions à cette question. Le manque de données à ce sujet a déjà été signalé par Groebbel (1). D'autre part, notre attention avait été attirée par la façon singulière dont certains oiseaux se comportent envers le froid. Il est bien connu, chez les oies et les canards par exemple, que ces animaux semblent supporter indifféremment des variations très considérables de la température du milieu, ne cherchant même pas à s'abriter par les froids de -20-25°, tandis que d'autre part ils supportent également des chaleurs torrides sans qu'il soit possible d'attribuer à des différences saisonnières du plumage cette adaptation à des températures si différentes du milieu.

Le plan de ce travail sur la thermorégulation des oiseaux est le suivant. En premier lieu, nous avons étudié l'influence de la température du milieu sur les échanges gazeux, dans les limi-

tes de 0° environ jusqu'au-dessus de la température de neutralité thermique. Cette étude et les suivantes ont été faites sur l'oie, le coq et le dindon.

L'influence de la température sur les échanges étant déterminée, on a recherché la valeur des termes extrêmes de l'accommodation de la thermogenèse des animaux étudiés, c'est-à-dire leur métabolisme de sommet et leur métabolisme de base.

Le problème de l'influence de la température du milieu fut également attaqué par l'étude des variations de consommation alimentaire en fonction de la température du milieu et de son rythme saisonnier.

Enfin, la quatrième partie de ce travail est consacrée à l'étude du pouvoir protecteur calorique du plumage. Ce problème fut poursuivi de deux manières : d'une part, par la mesure des modifications des échanges gazeux et de la consommation alimentaire à la suite de la privation des animaux de la majeure partie de leur plumage ; d'autre part, par la détermination du pouvoir protecteur calorique de la peau et du plumage fraîchement séparés de l'animal.

PREMIÈRE PARTIE

Influence de la Température du milieu sur les échanges respiratoires

I. - Technique expérimentale

a) *Description de la chambre respiratoire*

Pour déterminer les échanges gazeux nous avons employé la méthode du confinement, qui consiste à déterminer les modifications que subit la composition de l'air d'une enceinte limitée, contenant l'animal que l'on étudie.

Cette méthode, employée par plusieurs auteurs (Lassaigne, Kaufmann, Laulanié, Weiss, Benedict) (2), présente l'avantage de la simplicité et de la précision. Elle a l'inconvénient de placer l'animal dans des conditions qui ne sont pas tout à fait normales. En effet, la composition de l'air subit à chaque moment des changements. Il s'appauvrit en oxygène et s'enrichit en acide carbonique ; de plus, l'état hygrométrique tend rapidement vers la saturation.

En ce qui concerne l'effet du premier de ces inconvénients, il peut être évité à condition de ne pas prolonger les expériences au delà d'une certaine durée, de façon que les modifications subies par l'enceinte ne soient pas en état d'influencer les échanges de l'animal étudié. On admet qu'au-dessous d'un certain taux, d'après Laulanié (3), environ 6 pour 100, l'acide carbonique ne modifie pas les échanges gazeux. Benedict (2) conseille de ne pas dépasser 2-3 p. 100. En tout

cas on doit, pour les espèces animales que l'on étudie, s'assurer directement, en suivant la marche des échanges au cours d'une expérience, que ceux-ci ne sont pas modifiés du fait du confinement, dans les conditions expérimentales réalisées.

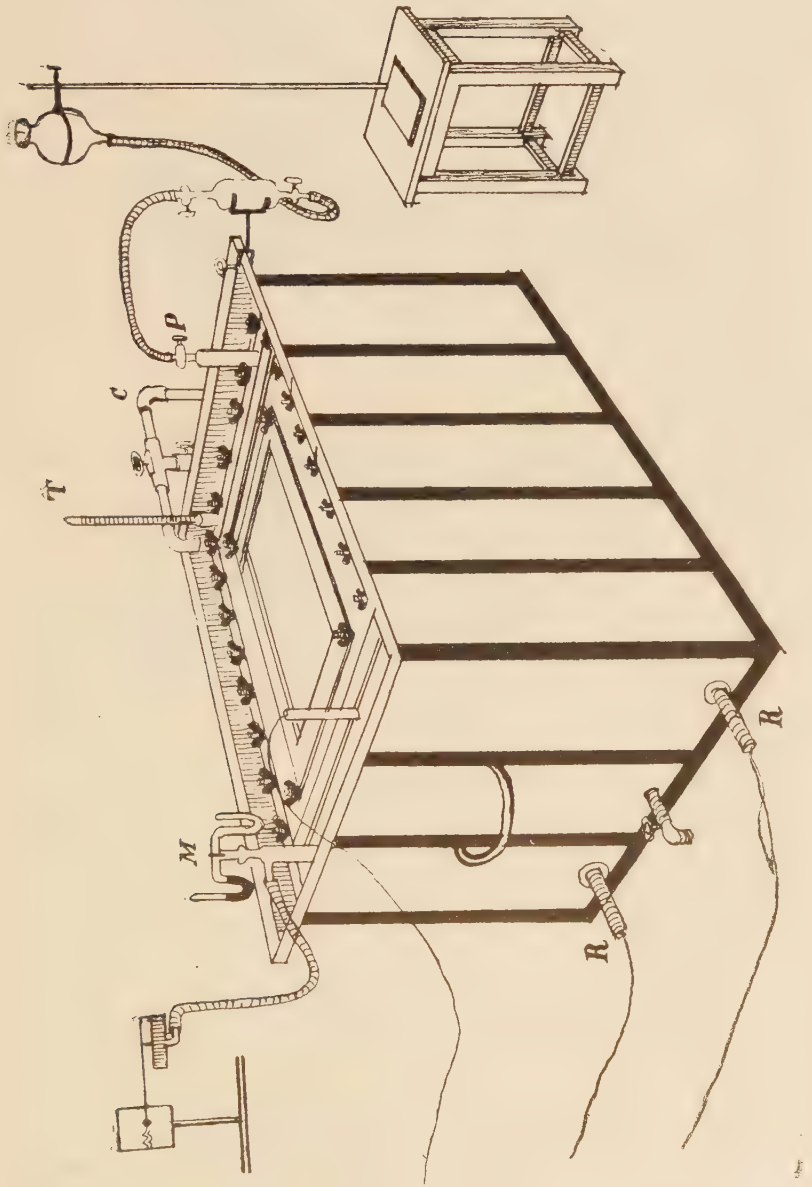
Ainsi, nous nous sommes assuré pour les animaux que nous avons étudiés, que leurs échanges respiratoires conservaient une valeur constante jusqu'à une teneur en CO^2, de l'air de la chambre respiratoire dépassant 4 p. 100.

La durée des expériences par cette méthode est forcément limitée. Mais en employant des enceintes de différentes grandeurs, on peut prolonger les expériences pendant des durées suffisantes pour la plupart des questions que nous nous proposions d'étudier.

En ce qui concerne la teneur en vapeur d'eau, si l'on n'étudie pas spécialement l'action de ce facteur sur les échanges, il n'y a pas d'inconvénient que ceux-ci soient mesurés dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, pourvu que l'on opère comparativement toujours dans les mêmes conditions. Il n'y a qu'aux températures supérieures à celle de la neutralité thermique que l'état hygrométrique de l'air est incontestablement d'une grande importance par le fait qu'il influence la fonction de thermolyse par la polypnée thermique.

Pour la mesure des échanges gazeux à différentes températures des animaux de taille moyenne [oie, dindon, poulet, porcelet], nous avons utilisé la chambre respiratoire (fig. 1) d'une capacité de 400 litres environ, employée antérieurement par J. Giaja et Males (4) permettant des expériences d'une durée de cinq à six heures et même plus. Cette chambre respiratoire est formée par un caisson en tôle de fer, muni à sa face supérieure d'un hublot vitré par lequel on introduit l'animal, et qui permet de l'observer au cours de l'expérience. Le couvercle du caisson est traversé par quatre tubes métalliques (fig. 1), servant à la prise d'échantillons du contenu gazeux, au passage des fils électriques, au support du thermomètre et du manomètre. Ce dernier est composé de deux branches : l'une contenant de l'eau, l'autre du mercure et pouvant par le jeu d'un robinet, être mises toutes les deux,

FIGURE I



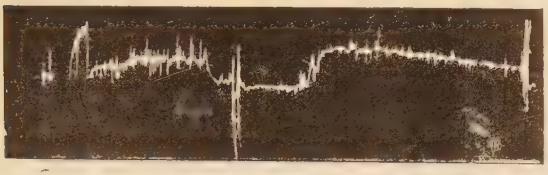
ou l'une à l'exclusion de l'autre, en communication avec la chambre, selon la pression à mesurer. Le thermomètre est gradué en dixièmes de degré. Les fils électriques alimentent un ventilateur fixé à la face inférieure du couvercle et servant à mélanger l'air avant chaque prise, et une lampe que l'on allume pour observer l'animal. Un des tuyaux livre passage à un tube de caoutchouc, transmettant les mouvements de l'animal à un système d'enregistrement graphique.

Depuis que l'on a mis en évidence l'importance des variations même peu étendues de la température du milieu sur la dépense énergétique de quelques homéothermes, il est nécessaire que l'on puisse à volonté faire varier ou maintenir constante la température d'un appareil servant à la mesure des échanges. Cela était de toute nécessité pour les études qui font le sujet de ce travail où l'on recherche principalement l'influence de la température sur les échanges énergétiques. A cet effet, notre chambre respiratoire est entièrement plongée dans un bac que l'on remplit d'eau de façon à recouvrir complètement la chambre respiratoire. Par un système de résistances électriques, on peut chauffer l'eau à la température voulue en s'aidant, lorsqu'il est nécessaire, d'une prise de vapeur sur le chauffage central. Pour les basses températures, le bac est rempli de glace fondante ou d'un mélange réfrigérant. Cette immersion de la chambre respiratoire a également ce grand avantage que l'on peut à tout moment contrôler son étanchéité.

A l'intérieur de la chambre se trouve un plancher suspendu à quatre ressorts permettant la transmission des moindres mouvements de l'animal à une poire en caoutchouc placée sous ce plancher, et qui est en rapport par un tube en caoutchouc, avec un tambour de Marey qui les enregistre sur un cylindre, tournant à raison de 15 millimètres environ par heure. Certains animaux ne cessent de se mouvoir à l'intérieur de la chambre respiratoire, tel le dindon, par exemple. Ayant observé qu'en soulevant le plancher de façon que la tête butte contre le couvercle, l'animal se couche et reste presque complètement immobile, nous avons disposé le plancher de façon qu'il puisse être à volonté abaissé ou

élevé le long de quatre supports. Le graphique ci-joint (fig. 2 et 3) montre la différence de mobilité dans les deux cas.

FIGURES 2 et 3



A ce point de vue il y a une différence entre le dindon et le coq d'une part, et l'oie de l'autre, qui, elle, s'asseoit dès qu'on la place dans l'appareil et y reste immobile sans que l'on soit obligé de recourir au procédé qui vient d'être décrit.

b) *Détermination de la capacité de la chambre respiratoire*

Il est de la plus grande importance de déterminer aussi exactement que possible la capacité de la chambre respiratoire, de quoi dépend directement le calcul des échanges. A cet effet, nous avons fait, tout d'abord, des tentatives de

combustion d'une quantité donnée d'alcool à l'intérieur de la chambre, pour pouvoir déduire de la modification de la concentration d'oxygène et de celle d'acide carbonique, la capacité de l'enceinte. L'allumage se faisait par la fusion d'un fil électrique. Mais nous avons rencontré des difficultés tenant à l'évaporation de l'alcool lorsqu'il est placé dans un vase ouvert et à sa combustion incomplète lorsqu'il est brûlé dans une lampe à mèche d'amiante. Aussi avons-nous employé une autre méthode qui consiste à introduire dans la chambre respiratoire un volume déterminé d'acide carbonique, puis de déterminer sa concentration et d'en déduire la capacité de la chambre.

Nous avons opéré de la façon suivante. On commence par faire un certain vide dans la chambre à l'aide de la trompe à eau. Ensuite on prélève un échantillon de son contenu afin d'en déterminer la composition. On a eu soin préalablement de verser un peu d'eau dans la chambre pour que son atmosphère soit saturée. En reliant avec la chambre respiratoire un gazomètre Tissot contenant de l'acide carbonique pur, on en fait passer une certaine quantité jusqu'à ce que la pression normale y soit rétablie. On note le volume de gaz sorti de la cloche du gazomètre, sa température et la pression barométrique. Après avoir mélangé le contenu par le ventilateur, on en prélève un échantillon que l'on analyse par l'appareil Plantefol. Le gazomètre de Tissot avait été préalablement jaugé en y faisant pénétrer de l'air déplacé d'un récipient en y versant de l'eau avec une éprouvette graduée. Voici un exemple de détermination de la capacité de la chambre respiratoire.

Avant l'introduction de l'acide carbonique du gazomètre, la chambre en contenait déjà 4,28 p. 100 que l'on avait antérieurement introduit et 95,72 d'autres gaz (O^2, N.). Après l'introduction de 20 l. 400 d'acide carbonique à 18°,6, température de la chambre, et à la pression atmosphérique, il y a 9,19 p. 100 d'acide carbonique et 90,81 p. 100 d'autres gaz. A cette dernière quantité correspond 4,06 d'acide carbonique qui se trouvait préalablement dans la chambre, le reste 9,19—4,06=5,13 de l'acide carbonique a été introduit et

correspond à 100 litres du mélange total. Par conséquent, les 20,40 litres d'acide carbonique correspondent à 397 litres de ce mélange qui occupe la chambre et en expriment la capacité

Quatre déterminations successives, exécutées de la manière précédente, nous ont donné pour la capacité de la chambre les valeurs suivantes :

I	397 litres
II	398 litres
III	398 litres
IV	397 litres
Valeur moyenne.....	397 litres

Comme nous l'avons dit précédemment, la chambre respiratoire était construite en tôle galvanisée et nous pensions être de ce fait à l'abri de toute absorption de gaz par les parois. Au début de nos expériences nous nous étions assuré que la composition de son contenu gazeux ne variait pas lorsque la chambre ne contenait pas d'animal ; mais, plus tard, la valeur anormale du quotient respiratoire, obtenu dans quelques expériences, souleva nos doutes et nous nous assurâmes qu'il y avait une disparition notable de l'acide carbonique à son intérieur, due sans doute au dépôt blanchâtre qui s'était formé sur ses parois. Cette disparition cessa dès que les parois furent enduites d'une couche de vernis, opération qu'il est bon de répéter de temps à autre.

Voici un exemple de la constance de la composition du contenu gazeux de la chambre, entretenue comme il vient d'être dit :

a)	I	II (2 heures après)	III (24 heures après)
N	78,45	78,445	78,46
O^2	20,77	20,775	20,76
CO^2	0,78	0,780	0,78

b)	I	II (4 heures après)	III (24 heures après)
N	76,92	76,93	76,92
O^2	20,43	20,42	20,42
CO^2	2,65	2,65	2,66

c) *Précision de la mesure de la quantité d'air contenue dans la chambre respiratoire*

Dans notre méthode, on détermine les modifications que subit, par la présence de l'animal, l'air confiné dans la chambre respiratoire. La composition centésimale de cet air et ses variations sont déterminées par l'analyse des prises d'air de la chambre à des moments donnés à l'aide de l'appareil Plantefol. Mais, pour pouvoir déterminer les échanges gazeux, il faut, en plus de la composition centésimale de l'air, connaître sa quantité absolue contenue dans la chambre respiratoire aux moments des prises d'air.

La capacité de la chambre étant invariable, c'est la pression sous laquelle se trouve son contenu gazeux qui varie. De plus, la température au cours d'une expérience, n'est jamais constante. On est donc obligé, en tenant compte de la température et de la pression, de ramener par le calcul, à chaque mesure, le volume de l'air à une même pression et à une même température, pour pouvoir déterminer les modifications quantitatives et qualitatives subies par l'air de la chambre.

La chambre respiratoire étant indéformable, l'air étant toujours saturé de vapeur d'eau, il n'y a que la température et la pression qui sont variables et qu'il y a lieu de mesurer chaque fois qu'il s'agit de déterminer le contenu gazeux de la chambre.

La température est mesurée par deux thermomètres gradués en dixièmes de degrés et placés l'un au centre de la chambre, l'autre dans un de ses coins, pour contrôler l'uniformité de température. La pression est mesurée par deux manomètres à eau se contrôlant mutuellement. La valeur indiquée par ces manomètres doit être multipliée par 0,074 pour obtenir la pression exprimée en mercure. Cette pression, positive ou négative, est ajoutée ou retranchée de la pression extérieure, déterminée par un baromètre à mercure dont on corrige la hauteur selon la température, d'après les tables de Leroy et Plantefol.

Quelle est la précision de ces opérations dont dépend la précision de la mesure du volume de l'air contenu dans la chambre, et, par conséquent, des échanges gazeux également ?

La température peut être lue à un vingtième de degré près et la pression à 2-3 millimètres d'eau. La température étant rendue homogène par la mise en action du ventilateur quelques instants avant les mesures, on devrait atteindre une grande précision de ce côté dans la détermination de la quantité d'air contenu dans la chambre. Voyons ce que donne l'expérience.

La chambre étant close et ne contenant pas d'animal, mais un peu d'eau, on fait varier lentement sa température et avec elle la pression ; de temps à autre on calcule le volume de son contenu ramené à 0°, 760 millimètres et à l'état sec.

En prenant les valeurs extrêmes obtenues, on obtient une différence de 347,45 — 346,97 = 0,48 l. C'est une erreur relative de 0,15 p. 100 environ. Mais ce qui importe c'est de savoir comment cette erreur retentira sur ce que l'on cherche à déterminer, à savoir la valeur des échanges gazeux et le quotient respiratoire.

Supposons que nous ayons, à la fin d'une expérience, 1 p. 100 de CO^2 produit par l'animal et que la même proportion d'oxygène ait disparu, le Q. R. étant égal à 1, et que le volume au début de l'expérience ait été trouvé égal à 347,45 et à la fin 346,97, limites extrêmes des erreurs constatées. En admettant, pour simplifier, la composition de l'air au début : 20 p. 100 d'oxygène et 80 p.100 d'azote, il y avait donc dans la chambre 20 × 3,4745 = 69,4900 l. d'oxygène et 80 × 3,4745 = 277,9600 d'azote.

A la fin, si le volume avait la même valeur qu'au début (et par définition il devrait l'avoir puisque nous avons supposé que Q.R. = 1), on aurait (l'air ayant la composition suivante 0^2, 19 p. 100 ; CO^2, 1 p. 100 ; N, 80 p. 100) :

66,015 L. O^2
3,4745 L. CO^2
277,960 L. N.

Voici les résultats d'une telle expérience :

Temps écoulé depuis la première mesure	Baromètre		Dans la chambre respiratoire		
	Pression	Températ.	Pression m/m. d'eau	Températ.	Volume de l'air à 0°,760 mm. sec.
0	750,0	24,6	— 7	24,2	347,35
2 h. 30	749,7	25,5	— 10	24,05	347,35
9 h.	748,9	26,8	— 22	24,70	346,97
24 h.	750,65	24,0	— 90	22,80	347,25
32 h.	750,70	26,0	— 67	23,10	347,45

En admettant l'erreur maxima que nous avons trouvée expérimentalement, le volume serait de 346,97 au lieu de 347,45. D'après ce volume réduit, on calculerait :

65,9243 L. O^2
3,4697 L. CO^2
277,5760 L. N.

Dans les deux cas on aurait :

	I	II
O^2 consommé	3,475	3,566
CO^2 produit	3,4745	3,469
Q. R.	1,0	0,97
N	+ — 0	— 0,384

On voit dans quelle mesure une erreur relative insignifiante retentit sur la mesure des échanges respiratoires. Elle se traduit par une erreur d'environ 2 p. 100 pour la consommation d'oxygène.

Nous devons enfin remarquer que la précision de la méthode s'est montrée moindre qu'on ne pouvait le prévoir théoriquement. En effet, la différence d'un demi-litre, trouvée entre les différentes mesures du contenu de la chambre respiratoire correspond à une différence de température de 0,3° et de plus de 10 millimètres de pression d'eau. De telles erreurs de lecture sont impossibles. Après de nombreuses recherches, nous croyons que la cause principale de ce fait tient à ce que le thermomètre n'enregistre les variations de température de l'air contenu dans la chambre respiratoire qu'avec un certain retard, tandis que les variations de pression sont transmises instantanément au manomètre. Aussi faut-il évi-

ter le plus possible les variations brusques de température à l'intérieur de la chambre respiratoire.

d) *Analyse des gaz*

Elle a été faite avec l'appareil de Plantefol en suivant les indications données par cet auteur (5).

Le jaugeage de l'eudiomètre a été fait avec du mercure. Il importe premièrement de connaître le volume réel de l'eudiomètre donné pour 100 cmc. A cet effet, il fut rempli de mercure exactement jusqu'au robinet distributeur, puis un robinet effilé fut adapté à son extrémité inférieure ; le mercure fut recueilli en deux portions dans un godet taré, puis pesé. On obtint le poids suivant :

GRADUATION de l'eudiomètre	POIDS DU MERCURE	VOLUME P × 0,0738
de 0 à 68,1	927,0716 gr.	68,417 c/m.
de 68 à 100	429,7480 gr.	31,714 c.m.
0 — 100	1356,8196 gr.	100,131 c/m.

On voit que le jaugeage de notre eudiomètre est exact à un millimètre près et qu'il ne nécessite par conséquent aucune correction. Il importe également de vérifier sa graduation. Nous l'avons fait pour les parties de l'eudiomètre qui sont importantes pour les analyses du genre de celles que nous avions à faire. Il y avait lieu de vérifier la graduation de la partie inférieure de l'eudiomètre, de 95 à 100, servant à la mesure de l'acide carbonique, et cela toujours entre 100 et les divisions au-dessus, l'eudiomètre étant gradué de haut en bas. Nous avons obtenu les valeurs suivantes :

GRADUATION de l'eudiomètre	POIDS DU MERCURE	VOLUME P × 0,0738
de 95 à 100 c/m.	67,8380 gr.	5,0064 c/m.
de 96 à 100 c/m.	54,1866 gr.	3,9989 c/m.
de 97 à 100 c/m.	40,1610 gr.	2,9638 c/m.
de 98 à 100 c/m.	26,8816 gr.	1,9834 c/m.
de 99 à 100 c/m.	13,6150 gr.	1,0047 c/m.

Ces chiffres montrent que l'on peut considérer comme satisfaisante la graduation de cette partie de l'eudiomètre. Les différences sont ou nulles ou insignifiantes, dépassant à peine la sensibilité des lectures de la hauteur du ménisque. Il n'y a que pour la graduation 97-100 et 98-100 qu'une correction pourrait être faite, car il faut tenir compte que l'erreur relative est importante dans cette partie de l'eudiomètre. Ainsi pour la division 97-100 l'erreur est supérieure à 1 p. 100, ce qui se traduirait, pour un quotient respiratoire qui aurait la valeur réelle de 1,0, par la substitution de la valeur 1,013.

L'autre partie de l'eudiomètre dont il importe de vérifier la graduation est celle aux environs de 79 cmc. se rapportant au dosage de l'oxygène et au résidu d'azote. Voici les résultats :

GRADUATION de l'eudiomètre	Poids du Mercure	Volume réel poids du mercure 0,0738	Coefficient de correction
de 0 à 78 c/m.	1054,74	77,84	0,9979
de 0 à 79 c/m.	1068,42	78,85	0,9981
de 0 à 80 c/m.	1081,30	79,83	0,9978
de 0 à 81 c/m.	1094,98	80,81	0,9976
de 0 à 82 c/m.	1108,53	81,81	0,9976

Dans cette partie de l'eudiomètre la graduation indique des volumes trop forts, nécessitant une correction systématique. On doit multiplier les valeurs lues par le coefficient moyen de 0,997.

II. — Influence des températures inférieures à la neutralité thermique

a) *Expériences sur l'oie.*

Les résultats concernant l'oie ont été obtenus sur trois individus mâles adultes. Avant chaque mesure, l'animal jeûnait une dizaine d'heures. Il importe que la durée du jeûne soit toujours la même et qu'elle ne dépasse pas une certaine valeur, sans quoi, d'après Delcourt et Mayer, on s'expose

à des troubles provoquant une augmentation des échanges (6).

Placé dans la chambre respiratoire avec sol élevé, comme il a été expliqué auparavant, l'animal restait immobile, excepté quelques mouvements du cou et de la tête. La première prise d'air à analyser n'était faite qu'au bout d'une heure environ de séjour de l'animal dans la chambre respiratoire afin qu'il ait eu le temps de s'accommoder à la température et que le taux d'acide carbonique ait atteint une valeur se prêtant à une analyse précise. Le tableau I nous dispense de détailler les autres conditions dans lesquelles ont été exécutées les différentes expériences.

TABLEAU I

TEMPÉRATURE DES EXPÉRIENCES													
16-17°		**18-19°**		**20-23°**		**24-26°**		**27-28°**		**30-31°**		**1-3°**	
Oie N°	O2 cons. en .. et kgr. h.	Oie N°	l. O2 kgr. h.	Oie N°	l. O2 kgr. h.	Oie N°	l. O2 kgr. h.	Oie N°	l. O2 kgr. h.	Oie N°		Oie N°	l. O2 kgr. h.
1	0.590	1	0.691	1	0.678	1	0.526	1	0.590	1	0.457	1	0.786
3	0.597	2	0.629	1	0.678	1	0.517	1	0.629	1	0.298	2	0.643
3	0.796	3	0.618	2	0.537	2	0.585	2	0.646	1	0.790	2	0.672
		3	0.686	2	0.635	3	0.654	2	0.677	2	0.812		
				2	0.605								
				2	0.581								
				3	0.563								

On remarquera la faible variation de la consommation d'oxygène pour des différences de température de plus de vingt degrés. Fait déjà signalé par plusieurs auteurs ayant étudié les échanges des oiseaux, notamment Terroine et Trautmann (7), Benedict et Fox (8).

Ainsi, dans nos expériences, l'oie n° 2 consomme en moyenne 0,657 l. d'O^2 par kgr-heure à 0,8-1°,6, tandis qu'à 20-25° elle consomme 0,567 l. O^2 par kgr-heure. Les échanges ne variant que faiblement, comme nous venons de le voir, pour des différences considérables de température, il est difficile de fixer la neutralité thermique à une température fixe, celle-là étant représentée plutôt par une zone que par un point sur l'axe des températures. Ce que l'on pourrait prendre comme neutralité thermique c'est la limite de cette

zone à laquelle apparaît la thermolyse, indiquée par la polypnée thermique, et non pas la température à laquelle on aurait obtenu la valeur la plus basse des échanges, ces valeurs variant, comme on l'a dit, d'une expérience à l'autre. Pour l'oie, la neutralité thermique ainsi définie serait au-dessous de 30°, sans qu'il soit possible de donner une valeur s'appliquant à tous les individus.

Pour l'oie n° 3, la même remarque s'impose au sujet de l'influence de la température sur la valeur des échanges. De plus nous constatons un fait, que nous retrouverons chez les autres oiseaux étudiés par nous, à savoir qu'aux températures inférieures à celle de la neutralité thermique, les échanges peuvent varier très notablement d'intensité d'une expérience à l'autre, fait que l'on ne rencontre pas tellement prononcé aux environs de la neutralité thermique. Ainsi, dans le cas de l'oie n° 3, la consommation d'oxygène à 16°-17° était de 0,597 dans un cas et de 0,796 dans l'autre. Cette variation, sans cause apparente de l'intensité des échanges, pour une même température, est un fait régulier chez les oiseaux et que nous n'avons admis qu'après avoir, par de nombreux essais, reconnu qu'elles ne tiennent pas à des différences de conditions expérimentales.

On dirait que l'oiseau peut régler très différemment sa déperdition calorique, soit par des phénomènes vaso-moteurs, soit par des modifications qu'il fait subir à son plumage. Aux températures plus ou moins inférieures à celles de la neutralité thermique, l'oiseau peut augmenter ou diminuer sa déperdition calorique, aussi voit-on les échanges varier souvent à une même température d'une expérience à l'autre. Par contre, à la neutralité thermique l'animal est obligé de réduire ses échanges à leur niveau le plus bas, ou à peu près, sa déperdition directe étant réglée à son maximum, aussi ne trouve-t-on pas dans ces conditions des variations aussi importantes des échanges qu'aux températures plus basses, variations qui feraient apparaître la polypnée thermique à des températures auxquelles elle est encore évitable. On remarquera dans le tableau I qu'aux températures de 30-31°, les échanges ont des valeurs tantôt supérieures, tan-

tôt inférieures à celles obtenues aux températures plus basses. Ces valeurs, marquées d'un astérisque, se rapportent à la polypnée thermique, phénomène qui sera analysé plus loin.

En résumé : Pour l'oie n° 2, les échanges ont augmenté en moyenne de 15 p. 100 pour une différence de 20° environ de la température du milieu. Pour l'oie n° 3, pour une différence de 7° environ, on ne constate pas de différences entre la valeur moyenne des échanges. Dans ce dernier cas on trouve dans une expérience que les échanges à 16-17° sont mêmes inférieurs à ceux à 24-26°. Le cas se répète dans l'expérience avec l'oie n° 1.

Nous reviendrons plus loin sur les valeurs du métabolisme de sommet de l'oie, ainsi que sur les échanges aux températures supérieures à la neutralité thermique.

b) *Expériences sur le dindon*

Les expériences ont porté sur trois animaux adultes. L'un, dindon n° 1, pesait au cours de ces recherches, de 4.700 à 5.200 grammes. Le dindon n° 2 pesait de 3.100 à 3.600 gr. et le dindon n° 3 pesait invariablement 3.700 grammes. Le tableau II résume les résultats obtenus.

TABLEAU II

TEMPÉRATURE DES EXPÉRIENCES													
1-7°		16-18°		20-23°		24-27°		28-30°		31-34°		35-37°	
Din-don	I. O 2 Kgr. h.	Din-don	I. O2 Kgr. h.	Din-don	I. O2 Kgr. h.	Din-don	I. O2 Kgr. h.	Din-don	I. O 2 Kgr. h.	Din-don	I. O2 Kgr. h.	Din-don	I. O2 Kgr. h.
1	0,860	1	0,518	1	0,459	1	0,420	1	0,470	3	0.322*	2	0,743
2	0,770	1	0,520	2	0,674	1	0,582	1	0,501	3	0.699*	3	0,341
2	0,681	3	0,696	2	0,558	3	0,402	2	0,483			3	0,782
2	0,853	3	0,607	2	0,513	3	0,447	2	0,525				
2	0,667	3	0,675	2	0,563	3	0,447	3	0,437				
		3	0,474	2	0,538	3	0,348	3	0,447				
		3	0,329	3	0,472			3	0,413				
		3	0,479	3	0,459			3	0,478				
		3	0,478					3	0,407				
		3	0,465										
		3	0,567										
		3	0,511										
		3	0,450										

Comme on le voit les échanges sont d'une constance assez remarquable, à une même température, si l'on excepte les trois premières mesures concernant le dindon n° 3 à la température de 18 à 19° qui ont été faites au mois d'octobre, tandis que toutes les autres de la même série ont été exécutées au mois de décembre. La valeur plus élevée dans le premier cas peut être due à ce que l'animal était à ce moment moins bien vêtu qu'aux mois d'hiver.

La valeur moyenne des échanges en fonction de la température est donnée par les chiffres suivantes :

Dindon n° 1 :

Température	O^2; consommation en litres par kgr.- heure
1-7°	0,860
16-19°	0,519
24-27°	0,501
28-30°	0,485

Dindon n° 2 :

1-7°	0,742
20-23°	0,523
28-30°	0,504
35-37°	0,743*

Dindon n° 3 :

16-19°	0,518
20-23°	0,465
24-27°	0,441
28-30°	0,436

La neutralité thermique du dindon doit être aux environs de 28-30°. On trouve également dans ce cas le fait signalé pour l'oie, que la dépense aux basses températures varie parfois d'une expérience à l'autre, tandis qu'elle est constante aux températures élevées.

On voit que pour le dindon les échanges augmentent nettement lorsque la température baisse à partir de la température de neutralité thermique. En moyenne, pour une température de 20° environ, inférieure à la neutralité thermique, la consommation d'oxygène est augmentée de 77 pour 100 pour le dindon 1, de 47 p. 100 pour le dindon 2 et de 26 p. 100 pour le dindon 3. A ce point de vue il y a une dif-

férence nette entre l'oie et le dindon, qui tient sans doute à ce que ce dernier oiseau est baucoup moins bien vêtu que le premier et que son pouvoir de régler sa déperdition calorique à l'aide du plumage est beaucoup moins prononcée. On doit attribuer à la même cause le fait que la neutralité thermique qui, pour l'oie est à 20°-25°, est pour le dindon à 26°-28°.

c) *Expériences sur le coq*

Lorsque l'on classe les résultats concernant le coq, d'après la température à laquelle ils ont été obtenus, on remarque ce qui suit :

A une même température du milieu, les échanges du même animal varient parfois très considérablement d'une expérience à l'autre. Ainsi à 18°-19°, on trouve les valeurs extrêmes de 0,551 et de 0,760 pour la consommation d'oxygène. A 24°-25°, on trouve les valeurs extrêmes de 0,471 à 0,710. De sorte que l'on peut trouver que les échanges sont parfois moins intenses à des températures plus basses. Nous avons essayé de trouver un rapport entre ces variations et quelque facteur, tel que la saison, l'heure de la journée, l'état précédent d'alimentation et de la température du milieu ambiant. Cependant nous n'avons pas réussi à trouver quelque lien de cause à effet. L'animal gardant dans toutes nos expériences une immobilité quasi parfaite, les différences en question ne sauraient être mises au compte de la mobilité volontaire. D'autre part, aux températures élevées, au voisinage de la neutralité thermique, les échanges ont une constance remarquable.

Ces faits nous suggèrent les mêmes réflexions qu'au sujet de l'oie. Le coq peut maintenir sa température constante à une température donnée, avec une production calorique variable. Ce qui revient à dire que sa déperdition n'est pas toujours la même dans un même milieu thermique. Ce dernier fait ne doit pas nous étonner, car il n'y a pas de doute que le plumage n'a pas un pouvoir protecteur calorique constant. Selon l'efficacité du plumage que l'oiseau peut modi-

fier, comme on le sait, en le hérissant plus ou moins, son pouvoir protecteur doit varier, ainsi que le remarque Plaut (9), fait analogue aux résultats obtenus sur le lapin, par Terroine, Trautmann et Schneider (42). Aussi serait-il curieux que le plumage fût toujours dans le même état à la même température. Lorsque l'oiseau se trouve à une température inférieure à celle de sa neutralité thermique, il doit pour maintenir sa température constante, soit augmenter ses combustions, soit diminuer sa perte calorique. Il est fort probable qu'il emploie à la fois ces deux moyens. Mais il ne les emploie pas toujours dans le même rapport : dans un cas c'est la production calorique qui augmentera, tandis que le pouvoir protecteur variera à peine ; dans l'autre cas, c'est le pouvoir protecteur qui variera, tandis que la production calorique sera à peine modifiée. Ce qui nous confirme dans ces idées c'est que, comme nous l'avons vu, on n'observe pas, d'une expérience à l'autre, de variations notables des échanges aux températures élevées. En effet, dans ces conditions l'animal est obligé d'augmenter à son maximum le pouvoir déperditeur de son plumage pour ne pas être obligé d'entrer en polypnée.

TABLEAU III

TEMPÉRATURE DES EXPÉRIENCES													
1-3°		16-17°		18-19°		20-23°		24-26°		27-28°		30-34°	
Coq	I. O2 Kgr. h.	Coq	I. O2 Kgr. h.	Coq	I. O2 Kgr. h.	Coq	I. O2 Kgr. h.	Coq	I. O2 Kgr. h.	Coq	I. O2 Kgr. h.	Coq	I. O2 Kgr. h.
1	0,971	2	0,790	2	0,570	1	0,549	2	0.710	2	0,477	1	0,740*
1	0,695			2	0,551	2	0,772	2	0.577	2	0,538	2	0,419*
1	0,591			2	0,760	2	0,578	2	0.726	2	0,506	2	0,472*
				2	0,646			2	0 471	2	0,462	2	0,640*
				2	0,683					2	0,549		

III. — Le métabolisme de base

Aucune question en bioénergétique n'a été le sujet d'un si grand nombre d'études et de discussions que ne le fut le métabolisme de base. La monographie de Terroine et Zunz (10) résume cette question importante. C'est une des premiè-

res acquisitions de la bioénergétique qui est entrée dans la pratique courante de la clinique. Attaqué par les uns qui lui refusent le droit de cité, élevé par les autres à la valeur d'une constante universelle, servant de base à toute la science bioénergétique, on a abusé, à notre avis, dans les deux cas. Qu'est-ce que le métabolisme de base ? C'est le minimum du mouvement énergétique de l'homéotherme normal, soustrait aux facteurs que l'on peut supprimer sans que la vie normale en soit troublée, facteurs qui, du reste, ne sont jamais continus dans la vie normale de l'homéotherme. Ces facteurs sont : le travail musculaire volontaire, le travail de l'appareil digestif consécutif à la présence d'aliments et aux suites immédiates de leur absorption, la température du milieu. Lorsque l'homéotherme est à jeun, qu'il est immobile, ses muscles étant détendus, qu'il est exposé à une température telle que toute production calorique consécutive à l'action du milieu thermique soit réduite à zéro, la dépense énergétique est réduite à son minimum, que l'on désigne par métabolisme de base. Magnus-Lévy (11) le désignait par dépense de fond (« Grundumsatz »).

On s'est assuré actuellement que le métabolisme de base ne fait pas exception parmi les autres constantes physiologiques. On est arrivé à s'apercevoir que le métabolisme de base n'est pas une constante du genre des constantes physiques, mais qu'il peut varier dans certaines limites, qu'il est, comme le dit Lefèvre (12), l'expression du besoin minimum actuel d'un homéotherme donné. D'autre part on s'est assuré dans le cas du métabolisme de base (Benedict) (13), comme pour tous les phénomènes physiologiques, que l'organisme n'est jamais semblable à lui-même et que l'état précédent a une influence sur l'état actuel. Le métabolisme de base ayant révélé son caractère physiologique, faut-il l'exclure par ce fait de la physiologie ?

On a remarqué également que la dépense énergétique pouvait tomber au-dessous de la valeur du métabolisme de base tel qu'il a été défini plus haut, lorsque l'animal se trouve dans des conditions physiologiques plus ou moins anormales et que son homéothermie est plus ou moins déréglée. (Magne,

Mayer et Plantefol) (14). *Il ne faut pas cependant oublier que le métabolisme de base est défini comme étant le minimum de l'homéothermie normale et non pas comme celle de la vie en général de l'organisme déréglé.* On peut discuter si la dénomination de métabolisme de base est appropriée à ce qu'elle doit exprimer, on peut s'étendre sur sa valeur comme entité physiologique, mais il nous paraît incontestable que le métabolisme de base est une notion féconde qui est le terme de comparaison auquel on doit rapporter les multiples modifications physiologiques et pathologiques que subit le mouvement d'énergie de l'homéotherme. Lefèvre a été un de ceux qui ont le mieux saisi à la fois le caractère fluctuant, c'est-à-dire physiologique de son *énergie physiologique proprement dite* et son importance en bioénergétique.

⁂

Pour mesurer le métabolisme de base de nos animaux nous avons pris toutes les précautions requises par la définition même de cette caractéristique. Les animaux étaient à jeun depuis une vingtaine d'heures, leur immobilité durant la mesure était contrôlée ; vu l'influence que peut avoir sur le métabolisme de base la température à laquelle l'animal a séjourné antérieurement, nos animaux étaient maintenus plusieurs jours avant la mesure de leur métabolisme à une température peu inférieure à celle de la neutralité thermique. Pour éviter toute influence possible de l'état hygrométrique, les mesures étaient faites dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau. Tout récemment Lefèvre (39) a montré que le métabolisme est diminué dans une atmosphère riche en vapeur d'eau. Par conséquent, pour obtenir le minimum de la dépense, qui est au fond de la définition du métabolisme de base, on devrait opérer dans une atmosphère à peu près saturée de vapeur d'eau, comme nous l'avons fait pour des raisons techniques. Les mesures avaient lieu le jour, en général vers le milieu de la journée, pour éviter les différences tenant au cycle nycthéméral du métabolisme [Terroine et Trautmann (7), Bacq (15)].

Comme nous l'avons dit précédemment, il n'est pas facile de fixer exactement la température de la neutralité thermique des oiseaux que nous avons étudiés, les échanges ne varient parfois que d'une façon insignifiante pour des variations de température très notables. Comme neutralité thermique nous avons pris la température de quelques degrés inférieure à celle où commence la lutte contre l'hyperthermie, indiquée par l'apparition de la polypnée. Nous avons ainsi trouvé que cette limite entre la lutte contre l'échauffement et la lutte contre le refroidissement était au niveau suivant :

Oie	25°
Dindon	28°
Coq	28°

En réalité ces valeurs représentent la limite supérieure d'une zone de températures auxquelles les échanges ont une valeur à peu près constante. Ainsi, pour trois individus donnés des espèces en question, cette zone a l'étendue suivante :

Oie	18-25°
Dindon	20-28°
Coq	20-28°

Bacq (15) donne comme température de neutralité thermique du coq 26°. Terroine et Trautmann (7) donnent 16-26° pour le minimum des échanges de l'oie et de 26-27° du coq. Ces dernières valeurs sont donc en plein accord avec les nôtres ; fait intéressant à noter puisqu'elles ont été obtenues par une méthode entièrement différente.

L'immobilité de nos animaux était aussi complète que possible. Grâce au dispositif que nous avons décrit antérieurement, les animaux se tenaient assis dans la chambre respiratoire. Les graphiques indiquent les moindres mouvements de la tête et même les mouvements respiratoires ; c'est à eux qu'ils doivent de ne pas être représentés par une droite. Les mouvements plus importants sont enregistrés par des excursions de grande amplitude du levier inscripteur.

Pour pouvoir exprimer le métabolisme de base de nos animaux en fonction de leur surface corporelle, nous avons

mesuré cette surface directement, en étendant la peau fraîchement préparée sur du papier millimétrique. Nous avons ainsi trouvé pour K. dans la formule $S = K \sqrt[3]{P^2}$ les valeurs suivantes :

	Surface en cm2	Poids en gr.	K.
Poule	980	1.290	8,27
Poule	858	1.270	7,30
Oie	1.713	2.780	8,66
Dindon	1.084	2.970	5,24

Rubner (16) donne pour la poule K = 10,45, tandis que Voit (17) donne la même valeur pour l'oie et la poule. Les valeurs que nous avons obtenues par la méthode mentionnée, sont notablement plus faibles. Sans prétendre à une grande précision, elles montrent l'erreur que l'on commet en adoptant pour tous les animaux K = 10, comme l'ont fait certains auteurs.

a) *Expériences sur l'oie*

Le métabolisme de base de l'oie a été déterminé sur trois individus mâles adultes.

Oie n° 1 (poids 3.100, surface 1843 cm2) a donné les résultats suivants :

Température	Consommation d'oxygène par kgr.-heure
22°	0,678 l.
26°	0,526 et 0,517 l.
28°	0,590 l.
28°	0,629 l.

La valeur moyenne de la dépense à 26 et 28° est de 0,581 lit. d'oxygène par kgr-heure, 2788 cal. par kgr-heure et 1125 cal. par mètre carré-24 heures.

Oie n° 2 (p. 3.300 ; surf. 1920 cm2). — La température de la neutralité thermique est au-dessous de 29°, l'animal entrant en polypnée à cette température.

Les mesures faites à quelques degrés au-dessous de 29° peuvent être prises pour le métabolisme de base de cet oiseau.

Température	Consommation d'oxygène par kgr.-heure
22°	0,537 l.
23°	0,605 l.
23-24°	0,585 l.
28°	0,646 l.

La moyenne de la consommation d'oxygène des trois premières expériences est donc de 0,575 lit. d'oxygène par kgr-heure.

Calories par kgr-heure : 2,760.

Calories par mètre-carré-24 heures : 1137.

Oie n° 3 (p. 4.100 ; surf. 2219 cm2). — On verra dans le bleau I contenant les valeurs des échanges en fonction de la température, que pour des différences souvent notables de la température extérieure, les échanges ne varient pas ou varient tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, fait sur lequel nous avons déjà attiré l'attention.

Dans la série de mesures des échanges de cette oie, nous voyons que le minimum a été obtenu une fois à la température de 17°5 (0,597), valeur qui n'a plus été retrouvée à cette température (16°6 et 18°). Aux températures de 23 à 26° nous avons obtenu des valeurs constantes.

Ces valeurs sont les suivantes :

Température	Consommation d'oxygène par kgr.-heure
23°	0,563 l.
24°	0,654 l.
26°-27°	0,677 l.

La valeur moyenne de ces trois mesures est la suivante :

Oxygène consommé par kgr-heure : 0,631 lit. ;

Calories par kgr-heure : 3,028 ;

Calories par mètre-carré-24 heures : 1342.

b) *Expériences sur le dindon*

La consommation d'oxygène en fonction de la température est donnée par les valeurs suivantes. En prenant *la moyenne* de celles obtenues aux températures de 22°-30°, on obtient :

Dindon n° 1, *adulte, mâle,* pesant 5000 gr. environ.

Température	Consommation d'oxygène par kgr.-heure
16°	0,518 l.
17°	0,520 l.
22°	0,459 l.
24-26°	0,449 l.
30°	0,470 l.

Calories par kgr-heure, 2,155.
Calories par mètre carré-24 heures, 1680.

L'individu n° 2, adulte, pesant 3000 gr. (S: 1091 cm2), accoutumé à la chambre respiratoire par de nombreuses expériences. La polypnée thermique apparaissant vers 35°, la neutralité thermique doit être au-dessous de ce niveau. Voici les valeurs de la consommation d'oxygène par kgr-heure, aux températures élevées, mais inférieures à celle de l'apparition de la polypnée.

Température	Consommation d'oxygène par kgr.-heure
20-22°	0,558 l.
22-23°	0,513 l.
22-23°	0,563 l.
22-23°	0,538 l.
28°	0,483 l.
29,7°	0,525 l.

On remarquera qu'il n'y a pas de différence nette entre la consommation pour des différences de températures allant jusqu'à 10° ; il n'est guère possible de fixer la neutralité thermique du dindon en un seul point. La limite supérieure de cette zone de neutralité thermique est dans le cas du dindon aux environs de 30°. Comme valeur du métabolisme de base de l'individu en question, prenons la moyenne des valeurs données plus haut. On obtient alors :

Consommation d'oxygène par kgr-heure, 0,530 lit. :
Calories par kgr-heure, 2,544 ;
Calories par mètre carré-24 heures, 1671.

Aux températures supérieures à la neutralité thermique, lorsque la polypnée est intense et accompagnée d'hyperthermie, les échanges augmentent : ainsi à 33-37° la consommation est de 0,743 et 0,782.

Individu n° 3, adulte, poids 3700 gr. (s. = 1255 cm2).

En se rapportant au tableau général de la page 21, on verra que les échanges ont atteint leur minimum aux températures de 26-28°. Ainsi nous trouvons les valeurs suivantes de la consommation d'oxygène par kgr-heure :

Température	Consommation d'oxygène par kgr.-heure
25-26°	0.348 l.
28-29°	0,437 l.
27-28°	0.447 l.
28°	0,413 l.
23°	0,472 l.
23-24°	0,459 l.
24°	0.447 l.
24°	0.447 l.

Ces valeurs n'ont pas été retrouvées aux températures inférieures à 23-24°. Aussi, prendrons-nous comme métabolisme de base la valeur moyenne des huit expériences précédentes :

Consommation d'oxygène par kgr-heure, 0,433 lit. ;

Calories par kgr-heure, 2,078 ;

Calories par mètre carré-24 heures, 1464.

En résumé : le métabolisme de base du dindon n° 1, pesant 5000 gr. serait de 1680 calories par mètre carré-24 heures, du dindon n° 2 pesant 3000 gr., il serait de 1671 calories par mètre carré-24 heures, celui du dindon n° 3 pesant 3700 gr. environ, serait de 1464 calories par mètre carré-24 heures.

C. — *Expériences sur le coq*

Expérience du 21 décembre 1928, coq n° 1, poids 3680 grammes (s. 1740 cm2). Durée de la mesure des échanges, 320 min., température dans la chambre respiratoire : 22°2-22°4.

Consommation d'oxygène par kgr-heure, 0,549 lit. ;

Calories par kgr-heure, 2,635 ;

Calories par mètre carré-24 heures, 1336.

Pour appuyer ce que nous avons avancé, à savoir qu'on ne peut fixer une température exacte à laquelle les échanges atteignent leur valeur minima, voici la valeur de la consommation d'oxygène aux températures comprises dans cette zone dont il a été question plus haut pour le *Coq n°* 2 (p. 2.700 ; s. 1.415).

Température	Consommation d'oxygène par kgr.-heure
21-22°	0,578 l.
23,8-24,5°	0,710 l.
24,5°	0,577 l.
24-24,7°	0,726 l.
24-25°	0,471 l.
27°	0,477 l.
27-28°	0,538 l.
27-28°	0,462 l.
28°	0,506 l.

Cet aperçu montre que la valeur minima des échanges est obtenue à la température de 27-28° et qu'elle est de 0,5 lit. environ d'oxygène par kgr-heure. Il serait vain de chercher en cette matière une plus grande précision. Aux températures plus basses les valeurs n'ont pas, ainsi que le montrent les chiffres précédents, le degré de constance qu'on trouve à la neutralité thermique.

En prenant la valeur moyenne des trois mesures faites à 27-28° on obtient la dépense de 0,560 lit. d'oxygène par kgr-heure, de 2688 cal. par kgr-heure et 1230 cal. par mètre carré-24 heures, dépense que l'on peut considérer comme exprimant le métabolisme de base du coq, valeur d'accord avec celle obtenue pour l'individu précédent.

Pour le métabolisme de base des oiseaux étudiés nous avons trouvé les valeurs suivantes en calories par mètre carré-24 heures :

Oie, 1125 ; 1137 ; 1342 ;
Dindon, 1680 ; 1671 ;
Coq, 1336 ; 1230.

Comme on le voit, ces valeurs sont parfois assez éloignées de 1000 calories, valeur que l'on trouve le plus souvent pour les animaux de taille moyenne et qui a servi à l'édification de la *loi des surfaces,* qui a été l'objet de nombreuses études et discussions récentes, en particulier [Terroine (10), Lambert (18), Giaja (19)]. Les faits que nous apportons ne seraient pas une dérogation à cette loi, si l'on avait employé pour le calcul des surfaces K = 10, comme on le fait généralement, valeur que nous avons trouvée moins élevée, par la mesure directe de la surface corporelle.

Au sujet de la dépense énergétique de fond des oiseaux que nous avons étudiés, nous pouvons mentionner les données de quelques auteurs anciens et modernes. Ainsi Renault et Reiset (20) donnent pour la poule une production calorique de 787 cal. par mètre carré-24 heures, les conditions d'expériences de ces auteurs ne répondant pas complètement à la définition du métabolisme de base. Kukein (21) donne 887 cal., Rubner (16) 1002 cal., Blobelt (22) trouve que la production calorique de la poule à jeun est de 1351 cal. par mètre carré-24 heures. Hari (23) donne pour l'oie 692-1073 cal. et pour la poule 1351 cal. Terroine et Trautmann (7) trouvent que le métabolisme de base de la poule et de l'oie a une valeur voisine de 1000 calories par mètre carré-24 heures, ce qui est d'accord avec nos propres constatations, si l'on tient compte de la remarque concernant la valeur de K dans l'estimation de la grandeur de la surface corporelle.

IV. — Le métabolisme de sommet et le quotient métabolique

Le problème de la puissance thermogénétique maxima de l'homéotherme luttant contre le froid a été posé depuis longtemps par J. Lefèvre (24). C'est au même auteur que nous devons les premières données expérimentales sur ce sujet. Lefèvre a posé la plupart des nombreux problèmes se rattachant à la question de la thermogenèse maxima : sa valeur chez l'homme et dans la série animale, la rapidité de son entrée en jeu, la durée du temps pendant lequel elle peut être soutenue, etc....

Les résultats de Lefèvre sur la puissance thermogénétique maxima concernent l'homme.

L'étude de la puissance thermogénétique des homéothermes, a été reprise systématiquement par J. Giaja (25) et ses collaborateurs, sous le nom de *métabolisme de sommet*, défini par les termes suivants : « La puissance thermogénétique maxima que peut développer, sous l'influence du froid, l'homéotherme à jeun, par les seuls mécanismes réflexes et auto-

matiques, c'est-à-dire à l'exclusion de la contraction musculaire volontaire. »

Pour obtenir le métabolisme de sommet, le plus naturel serait de mesurer la thermogenèse à la température extrême compatible avec l'homéothermie de l'organisme étudié. Dans le cas des oiseaux, qui font l'objet de ce travail, il faudrait sans doute réaliser des températures très basses. A défaut de celle-ci nous avons cherché à obliger nos animaux à déployer leur puissance thermogénétique en les refroidissant, par un bain froid, préalablement privés d'une partie de leur plumage, puis placés ensuite dans la chambre respiratoire maintenue aux environs de 0°. On arrive ainsi à réaliser les conditions pour que l'animal soit à la limite de son pouvoir de maintien de la constance de la température. Il a été démontré qu'une hypothermie ne dépassant pas quelques degrés, ne diminue pas la puissance thermogénétique de l'homotherme luttant contre le froid [Giaja et Gelineo (26)].

a) *Expériences sur l'oie*

Le métabolisme de sommet de l'oie a été obtenu en plaçant l'animal, partiellement plumé et refroidi par un bain, dans la chambre respiratoire dont la température était presque de 0°. La température rectale après le bain est tombée de 40°1 à 39°. Après un séjour de plus d'une heure dans la chambre respiratoire dont la température était de 1° ,la température rectale était tombée à 37°. Les échanges au cours de 53 minutes accusèrent les valeurs suivantes :

Acide carbonique éliminé par kgr-heure, 1,359 lit. ;
Consommation d'oxygène par kgr-heure, 1,729 ;
Quotient respiratoire, 0,786 ;
Calories par kgr-heure, 8,299 :
Calories par mètre carré-24 heures, 3456.

Le métabolisme de sommet de cette oie serait donc de 1729 litres d'oxygène par kgr-heure. Son métabolisme de base étant de 0,575, la puissance d'accommodation de la thermogenèse de l'oie sera de $\frac{1,729}{0,575}=3,04$.

b) *Expériences sur le dindon*

Le dindon n° 2 étant à demi-plumé, est placé dans la chambre respiratoire maintenue à 2°. A ce moment la température rectale est de 40°4. A la sortie de l'appareil, la température de l'animal est tombée à 36°3. Dans cette expérience l'oiseau n'a pas été baigné.

Les résultats de cette expérience sont les suivants :

Consommation d'oxygène par kgr-heure, 1.770 lit. ;

Acide carbonique éliminé par kgr-heure, 1.422 ;

Quotient respiratoire, 0,800 ;

Calories par kgr-heure, 8,496 ;

Calories par mètre carré-24 heures, 5619.

Pour tenter d'augmenter la production calorique obtenue dans cette expérience, on mesura de nouveau les échanges dans les mêmes conditions, mais après avoir plongé l'animal dans un bain froid. La température rectale étant tombée à 36°, on le place mouillé dans la chambre respiratoire réglée à 0°,5-1°,5. L'animal ne tarde pas à être forcé par le froid, car au bout de cinquante minutes on le retire raidi par le froid, sa température rectale étant de 25°. Dans cette expérience, les échanges étaient très inférieurs à ce qu'ils étaient dans les expériences précédentes. Le dindon est placé dans une étuve dans un état pitoyable, ne paraissant pas devoir se remettre. Cependant, il fut retrouvé normal le lendemain.

D'après ce que nous venons de voir, le métabolisme de sommet du dindon serait de 1770 lit. d'oxygène consommé par kgr-heure. Le métabolisme de base du même individu étant, comme nous l'avons vu, de 0,530 lit., son quotient métabolique exprimant la puissance de l'accommodation de sa thermogénèse est de $\frac{1,770}{0,530} = 3,33$.

c) *Expériences sur le coq*

Le coq n° 1 dont on a mesuré les échanges à différentes températures a été plumé sur la région ventrale puis plongé quelques instants dans l'eau glacée. Sa température rectale est

tombée de 41° à 39°. L'animal a été introduit immédiatement après dans la chambre respiratoire dont la température était à 1,°5.

Les échanges ont été mesurés pendant trente-huit minutes. A la fin de l'expérience, la température rectale était de 37°. L'animal s'est donc refroidi de 2° pendant son séjour dans la chambre respiratoire. Dans ces conditions de lutte extrême, il a dû déployer sa thermogenèse maxima.

Dans cette expérience le métabolisme de sommet a la valeur suivante :

Consommation d'oxygène par kgr-heure, 2,586 lit. ;
Acide carbonique éliminé par kgr-heure, 2,126 ;
Quotient respiratoire, 0,822 ;
Calories par kgr-heure, 12,412 ;
Calories par mètre carré-24 heures, 6292.

Le métabolisme de base de ce même coq étant représenté par une consommation de 0,549 lit. d'oxygène par kgr-heure, le métabolisme de sommet par 2,547, la puissance de l'accommodation de la thermogenèse, le quotient métabolique est

$$\text{de} \frac{2{,}586}{0{,}549} = 4{,}71.$$

En résumé, les limites de l'accommodation de la thermogenèse des animaux que nous avons étudiés, c'est-à-dire leur métabolisme de base et leur métabolisme de sommet, ont les valeurs suivantes (cal. par mètre carré-24 heures) :

	Métabolisme de base	Métabolisme de sommet	Quotient métabolique
Oie	1137	3456	3,40
Dindon	1671	5586	3,34
Coq	1336	6629	4,71

On voit que le quotient métabolique, pour les animaux étudiés, se trouve entre 3 et 4, rapport qui a été déjà déterminé par J. Giaja (41) pour des animaux de différentes tailles, espèces et couches protectrices.

V. — Le métabolisme aux températures supérieures a la neutralité thermique. — La polypnée thermique (27).

Nous avons vu que pour les oiseaux que nous étudions la neutralité thermique n'est pas représentée par une température précise, mais plutôt par une zone plus ou moins large. La limite supérieure de cette zone étant donnée par la température à laquelle apparaît la lutte contre le réchauffement, indiquée par la polypnée thermique.

On admet généralement que les échanges augmentent avec la lutte contre l'hyperthermie. Cette augmentation, la température corporelle étant normale, est attribuée aux mécanismes de la thermolyse, la polypnée et la sudorification. Mais que devient le métabolisme lorsque l'on passe de la neutralité thermique aux températures plus élevées, déduction faite des frais supplémentaires de la thermolyse ? Autrement dit, quelle part appartient à ce qui correspond au métabolisme de base dans les échanges aux températures supérieures à la neutralité thermique, les échanges étant dans ce cas la somme de ce métabolisme et des frais de la thermolyse. Naturellement, il ne faut envisager que le cas où la température reste normale, autrement on introduit un facteur perturbant le caractère même de la consommation énergétique de fond. Voit (28) avait déjà attiré l'attention sur le fait qu'il y a lieu de distinguer le cas où l'hémotherme maintient sa température fixe de celui où cette température est forcée. Donc, chez l'homéotherme luttant avec succès contre l'échauffement, quelle est la valeur du métabolisme, si de la consommation totale on déduit celle provoquée par les mécanismes de la lutte contre l'hyperthermie menaçante ?

Plusieurs cas peuvent se présenter théoriquement. Premièrement, ce métabolisme conserverait la valeur du métabolisme de base, c'est-à-dire que la courbe représentant la consommation énergétique en fonction de la température extérieure descendrait de la température du métabolisme de sommet jusqu'à celle de la neutralité thermique, pour se maintenir en forme de plateau au-dessus de la température de la neutralité thermique. Dans ce cas, la courbe représen-

tant *la totalité* de la consommation énergétique en fonction de la température du milieu, atteindrait son niveau le plus bas à la température de la neutralité thermique, et se relèverait des deux côtés vers les températures basses et vers les températures élevées.

Dans le second cas théorique, le métabolisme de fond continuerait à baisser lorsque la température s'élève à partir de la neutralité thermique, tout comme lorsque la température s'élève vers celle de la neutralité thermique. Dans ce cas le métabolisme total de la lutte contre l'échauffement sera inférieur, égal ou supérieur au métabolisme de base selon que les frais de la thermolyse supplémentaire seront inférieurs, égaux, ou supérieurs à la diminution du métabolisme de base produite par l'élévation de la température au-dessus de la neutralité thermique. Enfin, dans un troisième cas, théoriquement possible, le métabolisme augmenterait au-dessus de la neutralité thermique, déduction faite des frais de la thermolyse. Ce dernier cas admis en général par les auteurs, est cependant paradoxal, ainsi que le remarque Lefèvre (12) dans les termes suivants : « Nous attendons en tout cas des expériences précises, distinguant catégoriquement les températures externe et interne avant d'admettre ce paradoxe, à savoir : qu'un homéotherme non forcé, qui lutte efficacement contre le chaud pour maintenir sa normale (37°, par exemple) puisse « s'amuser » à produire lui-même plus de chaleur pour se forcer ensuite à en détruire davantage. »

a) *Expériences sur le dindon*

Le dindon n° 3 accusa une consommation d'oxygène constante à la température de 28° à 30°. Cinq expériences donnèrent la consommation suivante d'oxygène par kgr-heure.

I	0,437
II	0,447
III	0,413
IV	0,478
V	0,407

Au-dessus de cette température, l'animal entre en polypnée, laquelle ne cesse plus durant toute l'expérience. Ainsi, dans une expérience à 31°-34° l'animal accusa une polypnée intense et la consommation d'oxygène fut de 0,322 lit. par kgr-heure. La température de l'animal resta normale. Dans une autre expérience à 35°-37°, la polypnée fut également intense, sans que l'animal entrât en hyperthermie, et sa consommation d'oxygène fut de 0,341 lit. par kgr-heure. On voit donc que, malgré la polypnée, la consommation d'oxygène fut inférieure à ce qu'elle était à la neutralité thermique, c'est-à-dire aux températures limites de l'apparition de la lutte contre l'échauffement. Nous discuterons plus loin ce fait intéressant qui donne à la notion de métabolisme de base une autre signification. Cette diminution des échanges, en dépit de la mobilisation de la thermolyse, ne s'observe qu'autant que la température de l'animal n'est pas forcée, car dès que l'hyperthermie apparaît, les échanges augmentent brusquement, consommant 0,699 et 0,728 lit. d'oxygène par kgr-heure.

Le dindon n° 2 consommait respectivement à 28°-30° dans deux expériences 0,483 et 0,525 lit. d'oxygène par kgr-heure. A 35°-37° il entra en polypnée suivie d'hyperthermie, la température rectale passant de 40 à 42° dans ce cas, la consommation d'oxygène fut de 0,743 lit. par kgr-heure.

b) *Expériences sur l'oie*

Le même fait fut constaté chez l'oie : diminution des échanges avec l'apparition de la polypnée thermique tant que l'hyperthermie n'a pas apparu. Une oie qui a 30°,3-30°,8 consomme 0,457 lit. d'oxygène par kgr-heure n'en consomme que 0,298 à la température de 31,°6, malgré une polypnée prononcée mais sans apparition d'hyperthermie, la température rectale étant au début de l'expérience de 40° et à la fin de 40°,2.

La même oie en polypnée accompagnée d'hyperthermie accuse une consommation élevée de 0,790 lit. d'oxygène par kgr-heure.

c) *Expériences sur le coq*

Coq n° 1, mis à jeun dans la chambre respiratoire saturée de vapeur d'eau, chauffée à 30°-31°, accuse une polypnée thermique dès le début de son séjour. L'oiseau ayant séjourné plus de deux heures dans l'appareil, sa température rectale est montée de 40°,6 à 42°. Les échanges gazeux et la dépense énergétique durant son séjour dans la chambre respiratoire furent les suivantes :

Consommation d'oxygène par kgr-heure, 0,740 lit. ;
Elimination d'acide carbonique par kgr-heure, 0,526 ;
Quotient respiratoire, 0,704 ;
Calories par kgr-heure, 3,552 ;
Calories par mètre carré-24 heures, 1800.

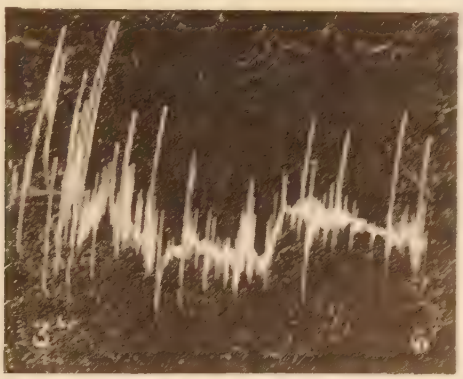
Le métabolisme de base de ce même coq étant de 0,549, contre 0,740 obtenu dans cette expérience, on voit que les échanges sont fortement augmentés, fait d'autant plus naturel que l'homéothermie était rompue, la température corporelle étant de 1°,5 au-dessus de la normale.

Coq n° 2. — Dans l'expérience précédente l'animal avait été forcé par la chaleur. Or, comme nous l'avons dit, pour pouvoir apprécier l'influence des températures élevées sur le métabolisme, il faut que l'homéothermie soit maintenue. C'est ce qui a été réalisé dans les expériences suivantes. Le coq n° 2 ayant servi immédiatement avant à la détermination du métabolisme de base et ayant donné dans cinq expériences 0,477, 0,538, 0,506, 0,462 et 0,549, fut mis dans la chambre respiratoire à la température à laquelle apparaît la polypnée thermique ininterrompue, à savoir 30°-33°. Au cours d'une expérience à cette température, les échanges mesurés pour un espace de temps de 85 minutes avaient la valeur suivante :

Consommation d'oxygène par kgr-heure, 0,419 lit. ;
Acide carbonique éliminé par kgr-heure, 0,287 :
Quotient respiratoire, 0,633 ;
Calories par kgr-heure, 2,011 ;
Calories par mètre carré-24 heures, 922.

La température corporelle de 40°,8 n'a pas varié. Deux

Jours plus tard l'expérience fut répétée dans les mêmes conditions. La température rectale était de 41°, avant et après le séjour dans la chambre respiratoire dont la température varia au cours de 90 minutes de 33° à 39°,7. Les échanges furent les suivants, la polypnée intense étant continue ainsi que le montre l'inscription graphique (fig. 4



Consommation d'oxygène par kgr-heure, 0,472 lit.

Acide carbonique éliminé par kgr-heure, 0,310

Quotient respiratoire, 0,654 :

Calories par kgr-heure, 2,265 :

Calories par mètre carré-24 heures, 1039

Ces deux expériences montrent nettement que les échanges étaient inférieurs, malgré la polypnée thermique, à ceux du métabolisme de base. On fit de nouveau une mesure du métabolisme de base à 27°-28°, qui donna les valeurs suivantes :

Consommation d'oxygène par kgr-heure, 0,549 lit.

Acide carbonique éliminé par kgr-heure, 0,372 .

Quotient respiratoire, 0,678 :

Calories par kgr-heure, 2,635 :

Calories par mètre carré-24 heures, 1209.

Ces valeurs confirment celles obtenues antérieurement pour le métabolisme de base

En résumé, on a obtenu les valeurs suivantes pour le métabolisme de base et la polypnée sans hyperthermie.

Métabolisme de base CO_2 kgr.-h.	Polypnée CO_2 kgr.-h.
0,477	0,419
0,538	0,472
0,506	
0,462	
0,549	

Ces chiffres montrent qu'en dépit d'une thermolyse supplémentaire intense, la totalité des échanges énergétiques est inférieure, ou tout au plus égale, à ce qu'elle était à la neutralité thermique. Cela signifie que le métabolisme de base, ou bien la partie qui lui correspond dans les échanges de la lutte contre le chaud, continue à diminuer, lorsque la température s'élève au-dessus de la neutralité thermique. Cela n'est vrai qu'autant que l'homéothermie n'est pas forcée. Même si les échanges dans la polypnée avaient la même valeur que dans le métabolisme de base, on arriverait à la même conclusion. Dans toutes les expériences précédentes l'animal était assis et immobile durant toute la durée des expériences. Dans une autre expérience, à 32°-33°, le même coq fut extrêmement agité et ne cessa pas d'être en polypnée. Malgré cela, ses échanges ne furent que peu supérieurs à ceux du métabolisme de base : 0,640 lit. d'oxygène par kgr-heure.

Ces faits remarquables méritent une étude plus approfondie que nous avons l'intention d'entreprendre ultérieurement. Nous nous bornerons à remarquer qu'ils modifient la conception et la définition du métabolisme de base.

Celui-ci ne serait pas le minimum que peuvent atteindre les échanges, mais ce serait la valeur du métabolisme à la limite entre la lutte contre le froid et la lutte contre le chaud.

Le métabolisme de base ne serait pas dépourvu de ce fait d'importance, puisque c'est le niveau vers lequel tendent instinctivement les homéothermes ; ce niveau correspond à l'état d'équilibre homéotherme sans lutte, la variation de la température de cette neutralité thermique entraînant la lutte contre le froid d'une part, contre le chaud d'autre part, par la

thermogenèse complémentaire et par la thermolyse supplémentaire.

Les résultats précédents sont à rapprocher de ceux obtenus par Plaut et Wilbrand (29) et Plaut (30). Ces auteurs ont constaté que les échanges du chien qui est en hyperthermie, tombent au-dessous de ce qu'ils étaient pour le métabolisme de base, lorsque l'animal est replacé à la neutralité thermique et que l'hyperthermie a disparu. Ces auteurs parlent d'une « seconde régulation chimique » qui aurait lieu à partir de la température de la neutralité thermique vers les températures plus élevées. Toutefois, nous remarquons que la baisse des échanges que nous avons constaté a lieu non à la suite de l'hyperthermie, mais accompagne l'apparition de la lutte contre le réchauffement, avant que l'hyperthermie ait apparu.

Selon les résultats de Marsak et Davydov, à en juger d'après une référence (31), ces auteurs arrivent à la conclusion qu'aux températures élevées, tandis que la régulation physique élève la déperdition calorique, la régulation chimique en abaisse la production.

DEUXIÈME PARTIE

La Consommation alimentaire et la Température ambiante

Les échanges respiratoires donnent une idée des besoins alimentaires en fonction de la température. Toutefois, on ne saurait conclure avec précision de la valeur de ces derniers d'après les premiers. En effet, on sait que la dépense énergétique n'est pas la même dans toutes les conditions chez l'individu à jeun et chez l'individu s'alimentant normalement. L'action dynamique spécifique modifie la température de la neutralité thermique. Dans les études de calorimétrie respiratoire on opère sur des animaux à jeun pour pouvoir obtenir des valeurs comparables entre elles. C'est ainsi que le métabolisme de base et le métabolisme de sommet sont définis à l'état de jeûne. Pour connaître l'influence de la température entre ces limites extrêmes de l'accommodation de la thermogenèse, on est obligé, comme nous l'avons fait dans les pages précédentes, d'opérer également sur des animaux à jeun. C'est le point de vue physiologique. Mais lorsqu'il s'agit de savoir comment varie la ration d'entretien d'un organisme donné, lorsque la température du milieu varie, les données à l'état de jeûne ne sauraient être directement utilisées (*). Le métabolisme de base ne correspond pas à un état physiologique normal et durable. La température de

(1) Les résultats essentiels de ce chapitre ont été déjà publiés dans une courte note (40).

neutralité thermique du métabolisme de base ne représente pas la neutralité thermique de l'animal qui s'alimente normalement, encore moins de celui qui dans les conditions normales d'existence ne se tient pas immobile comme dans l'appareil respiratoire. L'action dynamique spécifique s'ajoutant à la dépense de fond et aux autres facteurs supprimés dans les conditions d'obtention du métabolisme de base, le besoin alimentaire diffère des besoins énergétiques mesurés dans les conditions simplifiées artificiellement de la chambre respiratoire.

Pour être renseigné sur l'influence de la température externe sur les besoins alimentaires dans les conditions normales d'existence, il faut mesurer la consommation alimentaire d'entretien à différentes températures. Il se pourrait également que certains animaux aient une mobilité différente selon la température du milieu, ce qui a également une influence sur leur besoin alimentaire qu'il s'agit de fixer sans égard à la nature des facteurs qui la déterminent. Bref, lorsqu'il s'agit de savoir quels sont les besoins quantitatifs d'une alimentation donnée en fonction de la température, le plus simple et à la fois le plus sûr c'est de mesurer la consommation de cet aliment dans les conditions naturelles d'existence lorsque le poids de l'animal reste constant.

La méthode alimentaire a été employée avec succès chez les oiseaux par plusieurs auteurs, notamment par Lapicque (32), (33), (34), et par Larguier des Bancels (35). Ces auteurs ont montré que les oiseaux réglaient remarquablement leur consommation alimentaire aux différentes températures, de façon à maintenir leur poids constant. C'est ce que nous avons constaté également chez les oiseaux de basse-cour faisant l'objet de la présente étude.

Remarquons toutefois que le passage d'une température à une autre est suivi en général d'une rupture d'équilibre du poids de l'animal, quoiqu'il dispose de nourriture à volonté. Ce n'est qu'après plusieurs jours de séjour à la nouvelle température que le poids corporel retrouve son état d'équilibre. Il est évident que ce n'est qu'à partir de ce moment que la

dépense alimentaire peut être une mesure de la dépense énergétique.

Les animaux étaient tenus dans un endroit dont on a réglé la température à un niveau constant pendant des périodes plus ou moins longues. La nourriture, le maïs, était servie tous les jours en excès. Tous les soirs à la même heure on pesait la nourriture restant et l'animal. Pour éviter les avitaminoses, on donnait aux animaux tous les dix jours, en plus de leur ration ordinaire, de la levure de bière et des morceaux de feuille de choux.

Le tableau IV résume ces expériences en donnant la valeur moyenne de la consommation alimentaire pour les périodes de temps et les températures correspondantes.

TABLEAU IV

	19 à 25°			5 à 10°		
	Consom. valeur moyenne	Changement de Poids gr.	Durée des Expériences Jours	Consom. valeur moyenne	Changement de poids gr.	Durée des Expériences Jours
N° 2	196	2775-3535	34	137	3640-3425	18
Oie.....						
N° 3	104	2855-4100	203	149	4100	21
N° 2	154	3390-3435	22	142	3510-3640	20
Dindon .	109	3670-4100	204	155	4120-4100	70
N° 3	162	4000-3980	30			
N° 1	130	3920-4000	25	149	3870-4155	14
Coq.....	102	2290-2700	203	152	2000-2290	12
N° 2	177	3000-1150	25	162	3000-2900	75

Au cours de ces longues périodes il y eut parfois des variations de poids de l'animal qui, tout en n'étant pas insignifiantes, sont négligeables par rapport à la durée des expériences. Toutefois, pour pouvoir en dégager des conclusions précises, nous avons choisi dans nos expériences les périodes de poids constant de l'animal et nous avons réuni dans le tableau V les résultats ainsi collectionnés.

TABLEAU V

	19 à 25°				5 à 10°			
	Poids constant		Consom. par kgr. 24 h.	Période de poids constant	Poids constant		Consom. par kgr. 24 h.	Période de poids constant
Oie N° 2	3200	3230	54.6	16	3430	3425	37.9	6
Oie N° 3	4000	4100	47.7	64	4100		36.3	21
Dindon N° 2	3390	3395	37.4	22	3710		38.3	10
	3770	3630	30.6	102				
	4005	4050	48.2	102	4120		37.8	70
Dindon N° 3	3985	3980	40.7	30				
Coq N° 1	3920	4000	39.1	25	3600	3620	55.3	17
	2420	2520	44.8	38	2760	3000	52.6	8
	2735	2700	66.6	75	2980	2900	55.8	75
Coq N° 2	3000	3150	59.0	25				

Dans le tableau V nous n'avons pris en considération que les périodes de poids constant des animaux étudiés. La consommation alimentaire est exprimée en fonction du poids par kgr-24 heures, de maïs ingéré. En comparant les valeurs obtenues pour le même animal à la température de 19°-25° et de 5°-10°, on remarquera ce qui suit :

Pour l'oie, la nourriture était consommée en quantités notablement inférieures aux températures plus basses. Le dindon n° 2 accuse à peu près la même consommation de nourriture à 19°-25° qu'à 5°-10°.

Le dindon n° 3 accuse à une même température (19°-25°) des différences de consommation plus importantes que celles que l'on trouve pour les différences mentionnées de température du milieu.

Pour le coq, les mêmes remarques s'imposent, variations notables à une même température pouvant être supérieures à celles que l'on observe pour des différences de température du milieu de 15° environ.

Dans ces expériences, les animaux étaient tenus dans les compartiments d'une pièce spécialement aménagée à cet effet ne permettant pas aux animaux des déplacements con-

sidérables, aussi ne peut-il être question de grandes différences de mobilité dans les différentes expériences.

Les résultats concernant la consommation alimentaire en fonction de la température du milieu nous amène à formuler les mêmes conclusions qu'au sujet des échanges gazeux. Les oiseaux possèdent des moyens de régler leurs pertes de chaleur de façon qu'ils peuvent satisfaire les besoins de leur homéothermie par une même calorification à des températures différentes du milieu. Pour la même raison ils peuvent accuser une calorification variable à une même température, si leur déperdition varie.

TROISIEME PARTIE

Les échanges chez les Oiseaux plumés

I. - Influence de la température du milieu sur les échanges respiratoires

On doit de suite remarquer qu'il serait erroné de considérer l'oiseau plumé comme ne différant de l'oiseau normal que par le fait qu'il a été privé d'une couche protectrice. Le déplumage est une opération qui retentit profondément sur l'économie autrement que par l'augmentation du pouvoir déperditeur calorique de sa surface. Nous allons en avoir une preuve manifeste dans l'influence que l'enlèvement du plumage exerce sur le métabolisme de base.

a) *Les échanges de l'oiseau plumé à la température de sa neutralité thermique normale et aux températures plus élevées*

Les oiseaux ayant été plumés à l'exception de la tête et des ailes, on mesura à titre de comparaison leurs échanges gazeux à la température à laquelle on avait déterminé la valeur de leur métabolisme avant cette opération. Comme on devait s'y attendre, les échanges furent trouvés plus élevés, l'animal ayant sa déperdition augmentée. Le tableau VI résume les résultats obtenus.

On voit que les échanges ont augmenté par le déplumage dans les proportions suivantes :

Pour l'oie	78,6 p. 100
Pour le dindon	79,2 p. 100
Pour le coq	111,0 p. 100

TABLEAU VI

	Tempér. du milieu	Par kgr.-heure		Q. R.	Calor. kgr. - h.	augment. par le déplum.
		consom. lit. 02	éliminé lit. CO 2			
déplumée	23 24	1,046	0,846	0,810	5,020	78,6 %
Oie N° 2 normale	23 24	0,585	0,408	0,750	2,808	
déplumée	29 30	0,740	0,565	0,768	3,552	79,2
Dindon N° 2 normal	28	0,483	0,400	0,826	1,982	
déplumée	22 23	1,162	0,862	0,744	5,577	111,0
Coq N° 1 normal	22	0,549	0,392	0,731	2,635	

Cette augmentation n'a rien d'étonnant lorsqu'on songe au fort pouvoir protecteur calorique du plumage de ces oiseaux. Aussi, pensions-nous retrouver à peu près la valeur normale de leur métabolisme de base en mesurant leurs échanges à des températures plus élevées qui représenteraient leur neutralité thermique à l'état déplumé. En cherchant cette température, c'est-à-dire la limite au-dessus de laquelle apparaît la polypnée thermique, signe du commencement de la lutte contre l'échauffement, nous trouvâmes qu'elle différait de quelques degrés tout au plus de celle de la neutralité thermique de l'oiseau normal. De sorte que l'on ne réussit pas à abaisser notablement la valeur élevée des échanges de l'oiseau plumé que l'on avait trouvée à la température de la neutralité thermique normale, en l'exposant à des températures plus élevées, ainsi que le montre le tableau suivant :

TABLEAU VII

	Temp. de la neutr. thermiq.	Par kgr. - heure		Q. R.	Calor. kgr. - h.
		consom. lit. 0 2	éliminé lit Co 2		
Oie N° 2	30 31	1.044	0,876	0,751	5,011
déplumée	23 24	1,046	0,846	0,810	5,020
Dindon N° 2	34 35	0,690	0,553	0,790	3,312
déplumé	28 29	0,740	0,565	0,768	3,552
Coq N° 1	32 33	0,835	0,591	0,725	4,008
déplumé	22	1,162	0,862	0,744	5,577

Il ressort également que le métabolisme de base de l'oiseau plumé, c'est-à-dire la valeur de ses échanges à la limite de l'apparition de la thermolyse supplémentaire, est très supérieur à celui de l'état normal et cela dans les proportions suivantes :

Oie	81,5 p. 100
Dindon	32,0 p. 100
Coq	52,0 p. 100

Quelle que soit la cause de cette augmentation des échanges par le déplumage, il n'y a pas de doute qu'elle est avantageuse pour l'oiseau, car elle lui permet de lutter plus avantageusement contre le froid, le point de départ de cette lutte, c'est-à-dire la température de sa neutralité thermique, n'étant pas sensiblement modifiée chez l'oiseau plumé. La perte partielle du plumage étant un phénomène naturel représenté par la mue, si l'augmentation de la déperdition calorique qui en résulte n'était pas compensée par une élévation du niveau de la production calorique stable, il en résulterait un inconvénient dangereux pour l'animal au point de vue de sa thermorégulation qui en serait profondément troublée. L'observation des oies que l'on plume vivantes pour l'utilisation des plumes montre qu'en effet les animaux n'en paraissent pas incommodés au point de vue de leur sensibilité au froid modéré.

L'augmentation des échanges par le déplumage n'est pas un effet momentané de cette opération, car on la retrouve longtemps après, en même temps que l'on constate qu'elle diminue avec la croissance du nouveau plumage.

Ainsi dans quatre mesures, l'oie n° 2 accusait avant le déplumage un métabolisme de base exprimé par la consommation suivante d'oxygène par kgr-heure : 0,537, 0,635, 0,563, 0,585.

Les jours qui suivent l'opération, le métabolisme de base fut trouvé, respectivement dans trois mesures : 1,046, 1,044, 1,000.

Après soixante-huit jours, le métabolisme de base était de 0,898 ; l'oiseau ayant récupéré une partie de son plumage.

Treize jours plus tard, le métabolisme de base était de 0,605 tandis que cent jours après le déplumage, le métabolisme fut retrouvé normal : 0,581.

b) *Les échanges aux basses températures de l'oiseau plumé*

Le métabolisme de base étant augmenté chez l'oiseau plumé, il n'est guère possible aux températures élevées de savoir, par l'augmentation de la déperdition qui découle de la privation de l'oiseau de cet appareil protecteur, quelle est la valeur protectrice du plumage. Pour obtenir quelques données à ce sujet, c'est le long de la marge de la thermogenèse qu'il y a lieu de mesurer comparativement les échanges de l'oiseau normal et plumé. C'est ce que nous avons fait aux températures voisines de 0°, les résultats étant réunis dans le tableau VIII.

TABLEAU VIII

	Tempér. du milieu	Par kgr.-heure : consom. lit. 02	Par kgr.-heure : éliminé lit. CO 2	Q. R.	Calor. kgr. - h.	augment. par le déplum.
déplumée Oie N° 2	1 1,3	1,443	1,184	0,818	6,926	124 %
normale	0,8	0,643	0,456	0,708	3,086	
déplumé Dindon N° 2	2 2,3	1,776	1,422	0,800	8,496	165
normal	0,8	0,667	0,490	0,734	3,201	
déplumé Coq N° 1	2,1	2,264	1,636	0,722	10,867	133
normal	1,1	0,971	0,707	0,728	4,660	

On voit que les échanges sont doubles et triples chez l'oiseau plumé. Les chiffres suivants donnent l'augmentation des échanges de l'oiseau plumé par rapport à ce qu'ils étaient avant cette opération, à la même température.

Oie	124 p. 100
Dindon	165 p. 100
Coq	133 p. 100

Si l'on compare cette augmentation à celle obtenue à la température de la neutralité thermique de l'animal normal,

c'est-à-dire à la température qui, pour l'animal plumé est déjà placée dans la marge de la thermogenèse quoiqu'à son début, on obtient les différences suivantes :

Augmentation des échanges par déplumage

	Aux environs de 0°	A la neutralité thermique
Oie	124	73 p. 100
Dindon	165	45 p. 100
Coq	133	92 p. 100

On voit nettement que le déplumage augmente la déperdition relativement beaucoup plus aux basses températures qu'aux températures élevées. Cela reviendrait à dire que le plumage n'a pas le même pouvoir protecteur selon la température du milieu : il serait plus élevé lorsque la température est plus basse. Il n'y a pas de doute qu'il doit en être ainsi en effet. On sait que les oiseaux modifient l'aspect de leur plumage selon qu'il fait froid ou chaud, le hérissant plus ou moins, toutefois on ne saurait affirmer que les différences constatées par nous sont attribuables uniquement à cette différence du pouvoir protecteur du plumage selon la température du milieu. Il se pourrait que les conditions de circulation dans la peau soient modifiées par le déplumage, de sorte que le phénomène que nous avons signalé serait attribuable à une déperdition calorique augmentée aux basses températures plutôt qu'à une protection plus efficace par le plumage à ces températures. Nous chercherons une réponse à cette question dans la mesure directe du pouvoir protecteur du plumage dans le dernier chapitre.

II. — Influence de la température du milieu sur la consommation alimentaire des oiseaux plumés

Nous avons vu dans ce qui précède, que le métabolisme énergétique de l'oiseau plumé est profondément troublé dans le sens d'une forte élévation de son métabolisme de base. D'autre part, nous avons observé que le déplumage augmente les échanges gazeux relativement beaucoup plus aux températures basses qu'à celles voisines de la neutralité thermique

Nous avons étudié à ce même point de vue la consommation alimentaire de l'oiseau plumé et l'avons comparée à

celle du même animal à l'état normal. Ces mesures ont été faites aux basses températures (5°-10°) et aux températures voisines de la neutralité thermique (19°-26°). Le tableau IX résume les résultats obtenus par la méthode que nous avons décrite antérieurement, ne prenant en considération que les périodes de poids constant de l'animal.

TABLEAU IX

	19 - 26°			5 - 10°		
	Poids constant	Consom. par kgr. 24 h.	Période de poids constant	Poids constant	Consom par kgr. 24 h.	Période de poids constant
Oie normale	3200 3230	54,6	16	3430 3435	37,9	6
Oie déplumée	3315 3370	47,9	8	3010 3000	57,6	6
Dindon normal	3390 3395	37,4	22	3710	38,3	10
Dindon déplumé	3160 3130	51,6	7	après 4 j. mort épuisé t. r. 35°		
Coq normal	3920 4000	39,1	25	3870 3810	35,5	11
Coq déplumé	3895 3850	36,1	14	3600 3620	55,3	7

Comme on le voit, aux températures élevées il n'y a que le dindon qui accuse à l'état plumé une consommation nettement plus élevée qu'à l'état normal. Le coq et l'oie ne montrent pas de différences si ce n'est une légère diminution à l'état plumé. Nous ne savons quelle explication donner de ce dernier fait qui n'est pas d'accord avec ce que nous a donné la mesure des échanges respiratoires.

Aux basses températures, par contre, les oiseaux plumés consomment plus de nourriture que lorsqu'ils sont munis de leurs plumages. Cette augmentation était de 36,1 p. 100 chez l'oie et de 55,7 chez le coq.

Ces résultats quoique n'étant pas, sur le point mentionné, d'accord avec ceux obtenus par l'étude des échanges gazeux, confirment que le plumage a un rôle beaucoup plus important aux basses températures qu'aux températures élevées. Par les deux méthodes on constate qu'aux températures voisines de la neutralité thermique l'effet du déplumage est beaucoup moins important qu'aux températures élevées.

QUATRIÈME PARTIE

Le pouvoir protecteur calorique du plumage

Il serait intéressant à plusieurs points de vue de connaître le pouvoir protecteur calorique du plumage et du pelage des différents homéothermes. En effet, c'est de lui que dépend la déperdition calorique et par conséquent également l'intensité de la production de chaleur de l'homéotherme. Notamment, dans l'interprétation de la loi régissant la dépense énergétique dans la série des homéothermes, la loi dans laquelle on fait jouer un rôle prépondérant à la surface corporelle, il serait intéressant de connaître le pouvoir protecteur du plumage et du pelage, qui est un des éléments les plus importants du pouvoir déperditeur calorique de la surface de l'organisme.

S'il est facile de mesurer le pouvoir protecteur calorique, dans les conditions données, d'une fourrure tannée ou du plumage et du pelage d'un animal que l'on vient d'écorcher, on ne peut avoir qu'une idée incomplète du pouvoir protecteur chez le vivant, dans les différentes conditions d'existence.

Nous avons vu que le simple déplumage des oiseaux modifie profondément leur métabolisme énergétique, de sorte que les modifications qu'il provoque ne sauraient être attribuées uniquement à la privation d'une enveloppe protectrice dont elles ne peuvent, par conséquent, servir de mesure. D'autre part, le plumage et le pelage ne sont pas des enveloppes protectrices passives, à pouvoir protecteur constant et l'étude de celui-ci n'est pas une question simple, ainsi que le remarque Biedermann (36). On sait l'aspect si différent que prend le plumage d'un oiseau, selon que celui-ci est exposé à la chaleur ou au froid. L'air inclus dans le plumage, étant l'élément essentiel du pouvoir protecteur, celui-ci doit varier

selon la quantité d'air inclus et la façon dont il est inclus. Lorsque l'on étudie le plumage séparé de l'animal, on est en présence d'un système protecteur passif, bien différent par son effet de ce qu'il est chez l'animal vivant. Nous avons vu que certains résultats que nous avons obtenus nous portent à croire que les variations du pouvoir protecteur du plumage jouent un rôle important dans la thermorégulation des oiseaux. L'étude du plumage séparé de l'animal ne peut nous renseigner sur cette question importante. Ce qu'elle peut nous fournir, c'est une idée approximative de la valeur et de quelques propriétés du pouvoir protecteur du plumage, ce qui peut avoir un intérêt surtout au point de vue de l'étude comparative du pouvoir protecteur du plumage de différents oiseaux.

a) *Méthode employée*

Pour mesurer le pouvoir protecteur calorique du plumage, nous avons eu recours à la méthode employée jadis par Bergonié (37) pour la mesure du pouvoir protecteur des vêtements confectionnés. Cette méthode consiste à comparer les espaces de temps nécessaires au refroidissement d'un degré d'une masse d'eau contenue dans un buste creux en aluminium à parois minces, avec le temps nécessaire au même refroidissement lorsque ce récipient est recouvert de l'enveloppe protectrice dont on mesure le pouvoir protecteur. La valeur de ce rapport est ce que Bergonié (37) désigne par *coefficient d'utilité pratique*. On doit prendre, naturellement, une même différence de température entre l'intérieur du buste et l'air extérieur, différence qui était de 25° dans les mesures de Bergonié.

Pour l'étude du plumage de différents oiseaux, nous avons pris des ballons en verre à parois minces et à longs cols, dont le volume était à peu près celui de l'oiseau dont on étudiait le plumage.

Le plumage étant différent selon la région du corps, de plus les ailes protégeant également l'animal, on était obligé de prendre le plumage entier, et par conséquent de disposer d'une série de ballons plus ou moins grands.

La peau étant soigneusement enlevée avec le plumage et

débarrassée, s'il y a lieu, du tissu graisseux, on fait pénétrer le col du flacon dans le cou du plumage, tandis qu'on applique intimement le corps sur le ballon, de façon qu'il ne reste pas d'air entre le ballon et la peau. Par une suture de la peau on supprime toute solution de continuité.

Ce ballon, et un autre identique, pour lequel on s'est antérieurement, soi ssuré qu'il a la même marche de refroidissement, sont spendus à deux supports puis remplis d'eau chaude environ, bouchés par un bouchon de liège traversé n thermomètre gradué en dixièmes de degré. Ces deux ms, séparés l'un de l'autre par un écran en carton. acés dans une pièce close à atmosphère calme et à temp re constante. On suit, à l'aide d'une loupe, la baisse de momètres en notant les espaces de temps nécessaires refroidissements successifs d'un degré. La température extérieure étant de 20° environ, on prend en considération espaces de temps nécessaires aux refroidissements de à 39°. Le rapport entre la valeur obtenue pour le ballon n celle pour le ballon vêtu, représentera le coefficient du mage étudié. L'exemple suivant montre la marche d'une expérience.

Pigeon oids de 210 grammes. Poids du plumage, 80 grammes. um du Ballon, 124 cmc., sur lequel la peau est appliquée endue. La marche du refroidissement est la suivante

TABLEAU X

on nu			Ballon vêtu		
Heures	érat. eure	Températ. du ballon	Heures	Températ. extérieure	Températ. du ballon
17 h.	.9	45	17 h. 47	18.9	45
	9	44	53	18.9	44
	9	43	59	18.9	43
	9	42	18 h. 05	18.8	42
	9	41	12	18.9	41
	9	40	19	18.7	40
	)	39	27	18.3	39
18 h.	)	38	35	18.3	38
	)	37	43	18.3	37

En prenant les espaces de temps qui ont été nécessaires pour le refroidissement de 40° à 39° on obtient 3 minutes pour le ballon nu et 8 minutes pour le ballon vêtu. Le coefficient d'utilité est donc de $\frac{8}{3}$=2,66.

b) *Le pouvoir protecteur du plumage dans une atmosphère calme*

De cette façon, en prenant toujours les espaces de temps correspondant au refroidissement de 40° à 39°, à une température extérieure de 18°-20°, nous avons obtenu les coefficients suivants pour le plumage d'un certain nombre d'oiseaux, auxquels nous joignons à titre de comparaison, ceux

OISEAUX

concernant le pelage de quelques mammifères.

Animal	Coefficient d'utilité
Oie N° 1	3,00
Oie N° 2	3,20
Poule N° 1	2,44
— N° 2	2,70
— N° 3	2,81
— N° 4	2,76
Canard N° 1	2,93
— N° 2	3,00
Pigeon N° 1	2,60
— N° 2	2,81
Plongeur N° 1	2,30
Mouette N° 1	3,50

MAMMIFÈRES

Animal	Coefficient d'utilité
Rat blanc	1,66
Chat noir	2,47
Lapin blanc	3,01
Lapin noir	2,94
Lièvre	2,12
Chien noir à poil court	2,30
Mouton blanc	3,12

Pour pouvoir tirer quelques conclusions sur l'influence de la couleur du pelage, question étudiée à d'autres points de vue par Begusch et Wagner (38), des mesures beaucoup plus nombreuses que les nôtres seraient nécessaires, aussi n'aborderons-nous pas cette question dans ce travail.

On sait que d'après la loi de Newton, le refroidissement d'un corps donné est proportionnel à la différence de niveau de température entre le corps qui se refroidit et le milieu. Cependant, cette loi n'est applicable que dans certains cas simples, notamment lorsque la différence de température ne dépasse pas une certaine valeur. On ne peut *a priori,* affirmer qu'elle soit applicable à un corps protégé par le plumage. Celui-ci a une structure complexe, de sorte qu'il ne saurait être comparé à une couche protectrice homogène. En dehors de toutes considérations théoriques, nous avons fait quelques expériences pour voir quel était l'effet des variations de la température extérieure sur le pouvoir protecteur du plumage. Enfin, nous avons abordé à ce même point de vue l'étude de l'effet des courants d'air froids et chauds. Pour étudier l'influence de la température extérieure sur le coefficient d'utilité du plumage nous avons mesuré à titre de comparaison le coefficient d'utilité d'un tissu de laine à ce même point de vue. On place successivement deux ballons identiques, dont l'un est vêtu d'une couche de drap parfaitement appliqué à sa surface, à des températures différentes et on mesure, comme il a été dit, le coefficient d'utilité à différentes températures, en prenant en considération toujours les espaces de temps nécessaires aux refroidissements de 40° à 39°. De cette façon, on a obtenu les coefficients suivants aux températures correspondantes :

Température extérieure	Coefficient
0,6	1,2
6,0	1,3
6,7	1,4
18,0	1,5
18,5	1,5
19,6	1,2
19,6	1,3
20,3	1,4

Comme on le voit, la valeur du coefficient ne varie pas sensiblement malgré la variation de la température du milieu d'une vingtaine de degrés. Ceci fixé, voyons ce que nous donne le plumage.

Les expériences ont été faites avec le plumage du poulet fraichement préparé comme il a été dit plus haut. Les ailes

étaient maintenues contre le corps à l'aide d'une attache. On obtint les valeurs suivantes du coefficient aux températures correspondantes :

POULET N° 1		POULET N° 2	
Température extérieure	Coefficient	Température extérieure	Coefficient
11,0	3,33	1,7	3,3
20,5	2,70	5,4	4,0
22,2	2,40	18,0	2,76
		19,5	2,85

Ces expériences montrent que le plumage se comporte tout différemment du drap. En effet, nous voyons que le coefficient d'utilité du plumage est variable selon la température extérieure : il est plus élevé aux températures basses. Ceci revient à dire, que le plumage n'a pas le même pouvoir protecteur aux différentes températures du milieu, mais qu'il est d'autant plus élevé qu'il fait plus froid. Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'importance de ce fait pour la thermorégulation des oiseaux. Nous remarquons seulement qu'il contribue à expliquer le fait que nous avons constaté chez les oiseaux, à savoir que leurs échanges varient parfois à peine malgré des variations très considérables de la température du milieu. Cette question mériterait d'être approfondie en lui donnant une base expérimentale plus étendue. Les quelques données empiriques que nous apportons suffisent cependant pour faire admettre que le plumage ne saurait être considéré comme une couche protectrice simple et que, par conséquent, le noyau thermogène qu'il protège n'obéit pas à la loi de Newton au point de vue de l'écoulement de son calorique.

c) *Influences des courants d'air sur le pouvoir protecteur du plumage*

Pour étudier l'influence des courants d'air sur la déperdition calorique à travers le plumage, nous avons exposé comparativement des ballons vêtus et non vêtus à des courants d'air intenses, chauds ou à la température ambiante, produite par un appareil électrique que l'on emploie pour sécher les cheveux. L'appareil était placé à 80 centimètres environ des ballons, de façon qu'ils fussent balayés de la même ma-

nière. L'appareil contient une résistance qui, traversée par le courant, échauffe l'air sortant ; sans cela le courant d'air est à la température de la salle.

A titre de comparaison nous avons premièrement étudié l'influence du courant d'air sur le pouvoir protecteur du feutrage d'une couverture de laine. Le tableau XI donne la marche comparative du refroidissement de l'eau de deux ballons identiques dont l'un est nu et l'autre vêtu de cette couverture intimement appliquée à sa surface.

TABLEAU XI

Ballon nu			Ballon vêtu		
Temps	Températ. extérieure	Températ. du ballon	Temps	Températ. extérieure	Températ. du ballon
10 h. 40,5	21.8	49	10 h. 45	21.8	46
43	21.8	48	53	21.8	45
46,5	21.8	47	11 h. 02	21.8	44
50	21.8	46	12	21.8	43
53	21.8	45	22	21.1	42
56	21.8	44	35	21.1	41
11 h.	22	43	47,5	21.1	40
04	22	42	12 h. 02	21.1	39
08	22.2	41			
13	22.1				
16 h.	22.4	42	16 h. 12	22.4	43
13,5	22.4	41	23	22.8	42
18	22.6	40	35,5	23.4	41
23.5	22.8	39	49	23.4	40
			17 h. 04	23.6	39

Dans la première de ces deux mesures, en prenant en considération les espaces de temps nécessaires au refroidissement de 40° à 39°, on obtient dans le premier cas un coefficient d'utilité de 2,9, dans le second cas de 2,7. Cette même couverture, dans une atmosphère calme accusait un coefficient de 1,75 et à la température extérieure de 24° et de 1,8 à la température extérieure de 8° environ. Par conséquent, on voit que, le courant d'air a augmenté la valeur du coefficient d'utilité dans le rapport de 1,80 à 2,90.

Voyons ce que l'on obtient avec le plumage d'une poule,

préparé avec la peau comme il a été décrit antérieurement.

Dans une atmosphère calme, à la température de 20° le plumage d'une poule avait un coefficient d'utilité de 2,7. Dans un courant d'air, à la température de 25°, ce coefficient était de 7,6. Cette augmentation est due presque exclusivement à l'augmentation de la déperdition du ballon non vêtu, tandis que celle du plumage est à peine augmentée par ce courant d'air correspondant à un vent intense. Ainsi, en mesurant la marche du refroidissement d'un ballon revêtu du plumage, de degré en degré, alternativement dans un air calme et dans un courant d'air intense, on constate à peine une dérogation à la marche régulière du refroidissement dans un air constamment calme. Nous devons dire que nous avons retrouvé le même fait, quoique moins prononcé, avec le feutrage de laine d'une couverture. Sans vouloir tirer des conclusions sur les propriétés, qui seraient particulières au plumage, il est un fait, que le pouvoir protecteur de celui-ci varie à peine malgré les variations très considérables du mouvement de l'air ambiant qui est, comme on le sait, un facteur important de la déperdition calorique, par convexion. Ce fait, contribue avec les autres antérieurement mentionnés, à expliquer la faible sensibilité des oiseaux, que nous avons étudiés, envers les variations de la température du milieu : fait confirmé par la faible modification des échanges gazeux, en fonction de cette température.

Sans prétendre avoir définitivement éclairé aucun des problèmes que nous avons abordés, nous croyons cependant avoir montré, qu'un nombre considérable de problèmes se présentent dans l'étude de la thermorégulation des oiseaux, qu'on ne doit pas considérer par trop schématiquement, comme étant réalisés uniquement par l'accommodation de la thermogenèse, ce qui paraît avoir été le cas général chez certains mammifères.

CONCLUSIONS

1° La thermorégulation des oiseaux étudiée dans ce travail, à savoir : l'oie, le coq et le dindon, a lieu par le jeu combiné de la régulation de leur déperdition calorique. Chez l'oie et le coq, la régulation de la déperdition joue le rôle le plus important de sorte que l'on ne trouve en général que de faibles variations de la production calorique pour des différences très notables de la température du milieu. Chez le dindon, oiseau à plumage peu épais, la régulation de la production calorique prévaut sur la régulation de la déperdition.

2° Les résultats précédents obtenus par la calorimétrie respiratoire, sont confirmés par la mesure de la consommation alimentaire des oiseaux en question à l'état d'entretien, à des températures variables du milieu.

3° Ayant déterminé les valeurs du métabolisme de sommet et du métabolisme de base, si l'on élève la température du milieu au-dessus de la neutralité thermique, la thermolyse apparaît sous forme de polypnée thermique. Lorsque la polypnée n'est pas accompagnée d'hyperthermie, on constate que la dépense énergétique descend au-dessous de la valeur du métabolisme de base, c'est-à-dire du métabolisme à la température limite de l'apparition de la polypnée. Par conséquent, le métabolisme de base, tel qu'il est actuellement défini, ne serait pas le minimum de la dépense énergétique de l'homéotherme mais la dépense qu'il accuse lorsqu'il ne lutte ni contre le chaud ni contre le froid, état que la plupart des homéothermes recherchent instinctivement à réaliser.

4° La dépense énergétique de l'oiseau plumé est fortement augmentée et on ne réussit pas à la ramener à la valeur du métabolisme de base de l'oiseau normal par l'élévation de la température du milieu. Toutefois, cette augmentation est relativement plus forte aux températures basses qu'aux tem-

pératures élevées, ce qui revient à dire que le plumage a un pouvoir protecteur d'autant plus fort que la température ambiante est plus basse.

5° En étudiant le pouvoir protecteur calorique du plumage et de la peau séparée de l'animal, on constate que ce pouvoir est plus fort aux basses températures et qu'il n'est que très peu modifié par des courants d'air intenses. Le plumage est une couche protectrice à laquelle ne s'appliquent pas les lois simples de la conductivité calorique.

6° Le plumage chez l'oiseau vivant n'est pas une couche protectrice passive, mais un appareil possédant la faculté de modifier très considérablement son pouvoir protecteur calorique. C'est à l'aide de cet appareil que les oiseaux étudiés, notamment l'oie et le coq, règlent leur déperdition calorique selon les besoins de leur homéothermie, de sorte que la régulation de la thermogenèse n'a pas chez eux l'importance qu'on lui attribue dans la thermorégulation de la plupart des mammifères.

Oie N° I. 2 et 3

DATE	EXPER N°	SUJET d'Etude	TEMPÉRATURE de l'expérience	DURÉE de la mesure	par Kg.-heure		Q. R.	REMARQUE
					consommé L. O_2	éliminé L. CO_2		
1928								
28-IV	1	OIE N° 1	16,2-16,7	164 min	0,590	0,393	0,720	
30-IV	2	»	21—22	155 »	0,678	0,501	0,739	
1-V	3	»	30—30,8	124 »	0,457	0,335	0,733	Polypnée
22-V	4	»	28,7	340 »	0,590	0,440	0,750	
25-V	5	»	18—19	230 »	0,691	0,485	0,700	
28-V	6	»	26—27	262 »	0,526	0,365	0,699	
29-V	7	»	3	162 »	0,786	0,525	0,666	
6-VI	8	»	22	150 »	0,678	0 428	0,636	
7-VI	9	»	28—29	176 »	0,629	0,456	0,726	
9-VI	10	»	25—26	415 »	0,517	0,511	0,993	
12-VI	11	»	31	236 »	0,298	0,217	0,731	Polypnée
24-VI	12	»	30—31	102 »	0,790	0,597	0,738	Polypnéa
16-XI	13	OIE N° 2	19—20	283 »	0,629	0,463	0,734	
20-XI	14	»	22,2	186 »	0,537	0,402	0,749	
10-XII	15	»	24	255 »	0,585	0,408	0,750	
19-XII	16	»	22—23	416 »	0,635	0,492	0,820	
22-XII	17	»	0.8	168 »	0,643	0,456	0,708	
24-XII	18	»	27—28	102 »	0,646	0,463	0,716	
26-XII	19	»	13—16	127 »	0,672	0,486	0,724	
31-XII	20	»	30—31	102 »	0,812	0,584	0,719	Polypnée
1929								
16-I	21	»	1	106 »	1,145	0,837	0,731	Plumée
19-I	22	»	1	53 »	1,729	1,359	0,786	partiellement
22-I	23	»	1	63 »	1,443	1,184	0,818	Plumée comp.
3-II	24	»	23—24	238 »	1,046	0,846	0,810	
6-II	25	»	30—31	144 »	1,044	0,876	0,751	
1-III	26	»	30—31	234 »	1,000	0,624	0,688	
18-III	27	OIE N° 3	27	190 »	0,677	0,427	0,731	
2-IV	28	»	17,6	219 »	0,597	0,434	0,726	
8-V	29	OIE N° 2	24—25	326 »	0,898	0,673	0,748	Normale
20-V	30	»	22—23	202 »	0,605	0,445	0,738	
11-VI	31	»	23—24	256 »	0,581	0,392	0,875	
4-X	32	OIE N° 3	17	125 »	0,796	0,452	0,714	
4-X	33	»	23	130 »	0,563	0,376	0,673	
7-X	34	»	18	118 »	0,686	0,485	0,832	
7-X	35	»	24—25	115 »	0,654	0,413	0,725	

Dindon N° 1, 2 et 3

DATE	EXPER N°	SUJET d'Etude	TEMPÉRATURE de l'expérience	DURÉE de la Mesure	par Kgr.-heure consommé L. O_2	par Kgr.-heure éliminé L. CO_2	Q. R.	REMARQUE
1928								
21-IV	1	DINDON N° 1	22,7	97 min	0,459	0,428	0,930	
23-IV	2	»	16	84 »	0,518	0,486	0,845	
4-V	3	»	17	228 »	0,520	0,479	0,914	
7-V	4	»	24—26	213 »	0,420	0,290	0,689	
8-V	5	»	30,5	157 »	0,470	0,334	0,709	
22-V	6	»	27—28	242 »	0,582	0,462	0,738	
2-VI	7	»	7	131 »	0,860	0,617	0,736	
8-VI	8	»	29—30	208 »	0,501	0,388	0,743	
14-XI	9	DINDON N° 2	21	268 »	0,674	0,468	0,693	
21-XI	10	»	20—22	289 »	0,558	0,433	0,770	
26-XI	11	»	22—23	271 »	0,513	0,409	0,796	
6-XII	12	»	22—23	350 »	0,563	0,416	0,742	
8-XII	13	»	22—23	207 »	0,538	0,422	0,768	
10-XII	14	»	22—23	282 »	0,673	0,570	0,939	
22-XII	15	»	0,5-0,9	189 »	0,770	0,603	0,783	
26-XII	16	»	0,1—1	122 »	0,681	0,584	0,857	
27-XII	17	»	1—2	193 »	0,853	0,802	0,969	
31-XII	18	»	28	255 »	0,483	0,400	0,826	
1929								
2-I	19	»	29,7	210 »	0,525	0,421	0,797	
4-I	20	»	36—37	108 »	0,743	0,517	0,696	Polypnée
16-I	21	»	0,8	181 »	0,667	0,490	0,734	
19-I	22	»	2	72 »	1,770	1,422	0,800	Plumé partiellement
22-I	23	»	0,5-1,5	50 »	0,890	0,745	0,829	épuisé - raidi
25-I	24	»	23—22	203 »	0,870	0,725	0,832	Plumé complet
3-II	25	»	34—35	229 »	0,690	0,553	0,790	»
6-II	26	»	28—29	172 »	0,740	0,565	0,758	»

DATE	EXPER No	SUJET d'Étude	TEMPÉRATURE de l'Expérience	DURÉE de la Mesure	par kgr.-heure		Q. R.	REMARQUE
					consommé L. O_2	éliminé L. CO_2		
1929								
5-X	27	DINDON N° 3	18,8	100 »	0,696	0,592	0,845	
5-X	28	»	23,5	106 »	0,472	0,398	0,944	
9-X	29	»	19—19	100 »	0,607	0,470	0,773	
11-X	30	»	18—25	98 »	0,675	0,501	0,743	
11-X	31	»	24—19	100 »	0,402	0,347	0,860	
2-XII	32	»	18—19	100 »	0,474	0,441	0,931	
2-XII	33	»	18	90 »	0,329	0,248	0,754	
5-XII	34	»	18	95 »	0,479	0,366	0,768	
7-XII	35	»	18	105 »	0,478	0,410	0,869	
7-XII	36	»	18 -19	80 »	0,465	0,362	0,774	
26-XII	37	»	18—19	95 »	0,567	0,433	0,803	
26-XII	38	»	18 -24	95 »	0,511	0,370	0,726	
28-XII	39	»	23	97 »	0,459	0,349	0,760	
28-XII	40	»	24	90 »	0,447	0,346	0,779	
30-XII	41	»	24	75 »	0,447	0,341	0,767	
1930								
13-I	42	»	25—26	125 »	0,348	0,311	0,808	
15-I	43	»	28—29	95 »	0,437	0,367	0,842	
17-I	44	»	27 28	102 »	0,447	0,346	0,765	
21-I	45	»	28	108 »	0,413	0,324	0,779	
29-I	46	»	30	105 »	0,478	0,378	0,776	
5-II	47	»	29—30	110 »	0,407	0,302	0,733	
8-II	48	»	30—31	100 »	0,322	0,248	0,769	Polypnée
11-II	49	»	36—34	90 »	0,341	0,308	0,831	»
11-II	50	»	35—37	189 »	0,782	0,598	0,764	»
13-II	51	»	31—32	181 »	0,699	0,486	0,696	»

Coq N°1 et 2

DATE	EXPER N°	SUJET d'Etude	TEMPÉRATURE de l'expérience	DURÉE de la Mesure	Q. R.	par Kgr.-heure consommé L. o 2	par Kgr.-heure éliminé L. co 2	REMARQUE
1928								
21-XII	1	COQ N° 1	22—2	320 min	0,549	0,392	0,731	
24-XII	2	»	0,8-1,1	138 »	0,971	0,707	0,728	
26-XII	3	»	2	95 »	0,695	0,472	0,718	
26-XII	4	»	2	95 »	0,732	0,499	0,681	
1929								
2-I	5	»	30 -31	125 »	0,740	0,526	0,704	Polypnée
16-I	6	»	1—1,4	179 »	0,591	0,425	0,720	
23-I	7	»	2—2,1	48 »	1,727	1,365	0,789	Plumé partiellement
28-I	8	»	1,5	38 »	2,586	2,126	0,822	»
1-II	9	»	22—23	182 »	1,162	0,862	0,744	Plumé complet
8-II	10	»	32—32,9	124 »	0,835	0,591	0,725	
27-II	11	»	1,4	150 »	2,264	1,636	0,722	
2-III	12	»	32	103 »	0,735	0,503	0,724	
28-IV	13	COQ N° 2	16,2	174 »	0,790	0,630	0,716	
2-V	14	»	17,9	166 »	0,570	0,428	0,735	
16-V	15	»	18,8	176 »	0,551	0,393	0,708	
22-V	16	»	19°	186 »	0,760	0,532	0,697	
26-VI	17	»	19—20	180 »	0,772	0,556	0,724	
6-XII	18	»	18,5	102 »	0,646	0,463	0,716	
9-XII	19	»	18—19	95 »	0,683	0,505	0,734	
30-XII	20	»	23,8—24	95 »	0,710	0,552	0,777	
1930								
16-I	21	»	24,5	120 »	0,577	0,456	0,790	
18-I	22	»	24—24,7	100 »	0,726	0,634	0,786	
22-I	23	»	24— 25	100 »	0,471	0,335	0,710	
28-I	24	»	21—22	150 »	0,578	0,488	0,844	
30-I	25	»	27	100 »	0,477	0,354	0,739	
4-II	26	»	27— 28	120 »	0,538	0,385	0,708	
6-II	27	»	28	100 »	0,506	0,342	0,676	
8-II	28	»	27— 28	115 »	0,462	0,344	0,738	
10-II	29	»	30—31	85 »	0,419	0,287	0,681	Polypnée
13-II	30	»	30—33	90 »	0,472	0,310	0,654	»
28-II	31	»	32—33	75 »	0,640	0,487	0,762	»
1-III	32	»	27— 28	80 »	0,549	0,372	0,678	

BIBLIOGRAPHIE

1. Fr. Groebbel. — Experimentelle Untersuchungen uber den Gasstoffwechsel der Vögel. *Zeitschr. f. Biologie*, 1920, 70. 177.
2. Fr. Benedict. — Methoden zur Bestimmung des Gaswechsels bei Tieren und Menschen. Abderhalden : *Handb. der biolog. Arbeitsmet*, 1924, IV, 10, 3.
3. Laulanié. — *Arch. d Physiol.*, 1854, 6./5/845.
4. J. Giaja et B. Males. — Sur la valeur du métabolisme de base de quelques animaux en fonction de leur surface. *Ann. d. physiol.*, 1928, 5, 875.
5. M. Plantefol. — Appareil pour le dosage d'acide carbonique et de l'oxygène de l'air. Modification de l'appareil de Laulanié. *Bull. de la Soc. de chim. biol.*, 1925, VII, 6, 638.
6. B. Delcourt et A. Mayer. — Recherches sur le métabolisme de base. *Ann. de physiolog.* 1925, I, 5, 536.
7. E. Terroine et S. Trautmann. — Influence de la température extérieure sur la production calorique des homéothermes et loi des surfaces. *Ann. d. physiolog.*, 1927, III, 422.
8. F. Benedict et E. Fox. — The gaseous métabolism of large Wild birds under aviary life. *American philosop. soc.* 1927, 66, 511.
9. R. Plaut. — Beitrag zur vergleichenden Physiologie der Wärmeregulation und des Fiebers. *Pfl. Arch. f. d. ges Physiol.* 1924, 51. 1/2, 205.
10. E. Terroine et Zunz. — Le métabolisme de base. *Les Presses Universitaires de France*, 1925.
11. Magnus Levy. — In Carl Noorden *Handbuch der Pathologie des Stoffwechsels*. Berlin, 1906, 209.
12. J. Lefèvre. — In Roger. *Traité de Physiologie*, III.
13. F. Benedict. — The measurement of the basal heat production of pigeon. *Jour. of Nutrition*, 1929, I, 6.
14. H. Magne, A. Mayer et L. Plantefol. — Une inhibition réflexe des combustions générales. *Ann. d. physiol.*, 1926, II, 27.
15. Z. Bacq. — Sur l'existence d'un rythme nycthéméral de métabolisme chez le coq. *Ann d. physiol.*, 1929, V, 3, 497.
16. M. Rubner. — Über den Einfluss der Körpergrösse auf Stoff und Kraftwechsel. *Zeitschr. f Biolog.*, 1883, XIX, 555.
17. E. Voit. — Über die Grösse des Energiebedarfes der Tiere im Hungerzustande. *Zeitschr. f. Biolog.*, 1901, 41, 113.
18. R. Lambert et G. Teissier. — Théorie de la similitude biologique. *Ann. d. physiol.*, 1927. III, 2, 212.
19. I. Giaja. — Le métabolisme de base et l'homéothermie. *Ann. d. physiol.*, 1928, IV, 5, 905.
20. Regnault-Reiset. — Recherches chimiques sur la respiration des animaux. *Ann. d. chim. et d. physique*, 1849, 26, 3.
21. Kukein. — D'après Rubner in *Zeitschr. f. Biologie*, 1883. XIX, 555.
22. P. Blobelt. — Über Gaswechsel und Energieumsatz der Vögel und ihre Beeinflussung durch die Atmungsinnervation. *Biochem. Zeitschr.*, 1926, 172, 4/6, 451.
23. Hari. — *Bioch. Zeitschr.*, 1917, 78, 313.
24. J. Lefèvre. — Chaleur animale et bioénergétique. Paris, Masson, 1911.
25. J. Giaja. — Le métabolisme de sommet. *C. R. S. B.*, réunion plénière 1929.

26. J. Giaja et Gelineo. — L'hypothermie et la thermogenèse. *Arch. intern. d. physiol.*, 1930, XXXII, 237.
27. A. Giaja. — La polypnée thermique des oiseaux et la dépense énergétique. *Bull. de l'Académie royale serbe*, CXL, 1930 (en serbe).
28. C. Voit. — Uber die Wirkung der Temperatur der umgebenden Luft auf die Zersetzungen im Organismus der Warmbluter. *Zeitschr. f. Biolog.*, 1878, 14, 57.
29. R. Plaut et E. Wilbrand. — Zur Physiologie des Schwitzens. *Zeitschr. f. Biologie*, 1922, 74, 191.
30. R. Plaut. — Uber den Stoffwechsel bei der Wärmeregulation. *Zeitschr. f. Biologie*, 1922, 76, 183.
31. M. Marsak et V. Davydoy. — Wärmeregulation und Gaswechsel bei hoher Temperatur bei ruhenden Menschen. *Gigiena truda* 1927, 2, 3-4 (en russe). Cité d'après *Berichte uber d. ges. Physiolog.*, 1927, XL, 535.
32. L. et M. Lapicque. — Consommations alimentaires d'oiseaux de grandeurs diverses, en fonction de la température extérieure. *C. R. S. B.*, 1909, 66, 528.
33. L. et M. Lapicque. — Les échanges chez les homéothermes au repos en fonction de la grandeur corporelle et de la température extérieure. *C. R. S. B.*, 1909, 66, 528.
34. L. et M. Lapicque. — Consommation alimentaire des petits oiseaux aux températures élevées. *C. R. S. B.*, 1909, 67, 337.
35. Larguier des Bancels. — *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, 1903.
36. W. Biedermann. — *Vergleichende Physiologie der Wirbeltiere* (Das Federkleid der Vögel), 1928, III.
37. M. Bergonié. — Sur quelques coefficients d'utilité pratique des vêtements confectionnés. *C. R. S. B.*, 1904, 56, 431.
38. O. Begusch et R. Wagner. — Uber die Wärmeabgabe verschiedenfarbiger Tiere. *Zeitschr. f. Biologie*, 1926, 84, 1, 29.
39. J. Lefèvre et A. Auguet. — *Comptes-rendus Acad. des Sciences*, 3 février 1930.
40. A. Giaja. — Sur la thermorégulation des oiseaux. *Bull. de l'Académie royale serbe*, CXXXVII, 1929, Belgrade (en serbe).
41. J. Giaja. — Le métabolisme de sommet et le quotient métabolique. *Ann. physiol. et physicoch. biol.*, 1925, I, 596.
42. E. Terroine, S. Trautmann et J. Schneider. — Grandeur des échanges au cours de l'inanition chez les homéothermes et notion de masse active. *Ann. de Physiologie et physicoch. biol.*, 1926, II, 468-487.

Propos[illegible]n donnée par la Faculté

Le r[illegible] des Sels ammoniacaux dans la c[illegible]erture partielle de la dépense azotée endogène

Vu et approuvé

Strasbo[illegible] le 9 Janvier 1931

Le Do[illegible] de la Faculté des Sciences

S[illegible] : E. ROTHÉ

Vu et permis d'imprimer

Strasbourg, le 10 Janvier 1931

Le Recteur, Président du Conseil de l'Université

Signé : Ch. PFISTER

IMPRIM[illegible] E A. M. V., 12, RUE DES PATRIARCHES, PARIS